

MOX燃料加工施設 燃料加工建屋の鉄筋健全性 評価資料のまとめ

2021年3月12日



日本原燃株式会社

目次

1. 事象の概要	P2
2. 抜取引張試験 その1	P4
3. 抜取引張試験 その2	P8
4. D35,D38鉄筋 全数の健全性確認	P18
5. D35,D38 鉄筋径の計測	P25
6. 最小径と最大根元部減少率の引張試験	P32
7. 取替工事	P47
8. 腐食の原理	P53
9. 腐食の進展に対する評価	P57
10. 今後の工事の取扱い	P58
11. 鉄筋径の全数計測のフローと使用した計測器のトレーサビリティ	P60
12. 鉄筋の健全性評価結果の総括	P75
13. 添付資料	P76

1. 事象の概要（はじめに）

■ はじめに

- MOX燃料加工施設 燃料加工建屋について、建屋の工事再開に向け地下3階壁の差し筋の健全性確認を実施したので、その評価について報告する。

■ 事象の概要

- MOX燃料加工建屋は、2013年地下3階工事を開始し、工事期間中の2017年まで組立途中の壁鉄筋が屋外に露出していた。なお、2017年から2020年までは腐食抑制養生を施していた。
- 2020年9月、建築工事の再開にあたり、長期間屋外露出された鉄筋の健全性を確認するため、2013年より現場に設置されている鉄筋（床の差筋）から各径毎に3本の試験体を基礎をはつって取り出し、JIS規格※の引張試験（降伏点、引張強さ、伸び）を実施した。（抜取引張試験 その1）
- D35及びD38の試験体では、錆による腐食は見られたものの、「降伏点」、「引張強さ」及び「伸び」のJIS規格値を満足していることを確認した。
- D22、D29及びD32の試験体では、「降伏点」及び「引張強さ」はJIS規格値を満足していたものの、「伸び」がJIS規格値を満足していなかった。

※ JIS G 3112 鉄筋コンクリート棒鋼

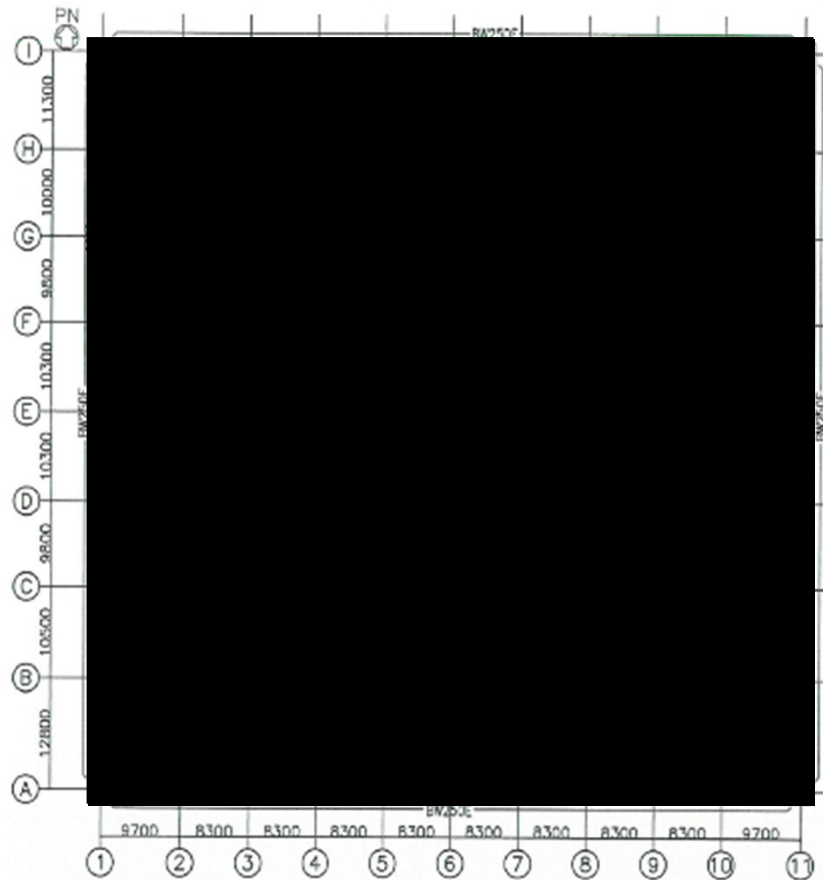
1. 事象の概要（経緯）

- 2013年地下3階壁の差し筋の工事を開始した。
- 2014年に使用前検査(材料検査)を受検し、ミルシートによりJIS規格値に適合していることを確認した。
- 2015年から2020年 新規制基準対応により工事中断した。
- 2017年、新規制対応により開口位置や埋金位置の変更が生じ、鉄筋の解体作業を実施。その後、差し筋の腐食抑制養生を実施した。
- 2015年11月及び2017年10月に露出鉄筋の健全性を本設鉄筋と同一環境下にあった段取り筋及び解体した鉄筋を用いて健全であることを確認した。(但し、差し筋の根元部の調査は実施していない)

年度	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
工事			地下3階壁鉄筋組立	地下3階壁CON打込（外周部）	壁鉄筋解体			
健全性確認			健全性確認（その1） ▼11月 段取り筋による破壊試験 (D16,D29,D35)		健全性確認（その2） ▼10月 解体した鉄筋による破壊試験 (D35)			健全性確認（その3） ▼9月 根元部を含む本設鉄筋による破壊試験 (D22,D29,D32,D35,D38)
鉄筋の状態	← 鉄筋露出期間				▼11月 鉄筋養生開始	→ 鉄筋養生期間		

2. 抜取引張試験 その1 (試験体)

- 長期間屋外暴露された鉄筋(差筋)の健全性を確認するため、各鉄筋径からランダムに試験体を採取して引張試験を実施した。



凡例

	: D38 約 8,200本(試験体数 3本)
	: D35 約 6,000本(試験体数 3本)
	: D32 約 1,100本(試験体数 3本)
	: D29 約 1,000本(試験体数 3本)
	: D22 約 600本(試験体数 4本)
	: D16 約 400本
	: 試験体採取場所



地下3階現場写真

2015年11月撮影(鉄筋解体前)

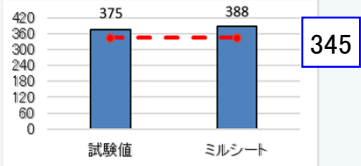
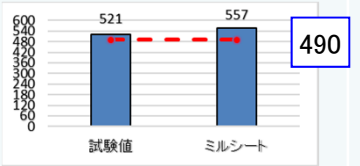
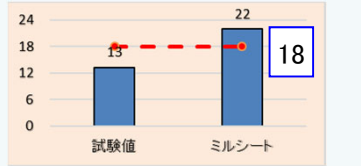
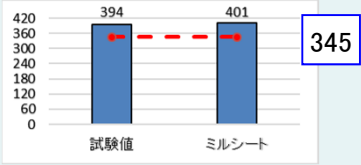
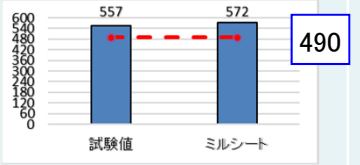
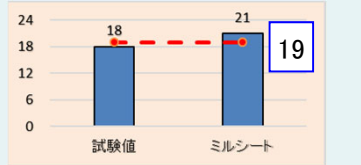
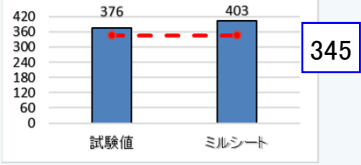
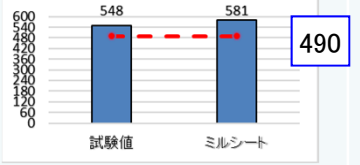
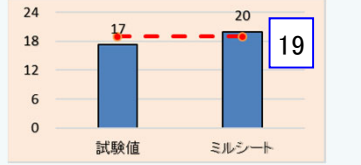
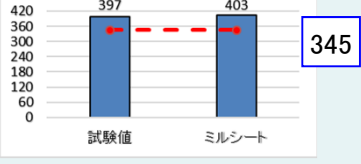

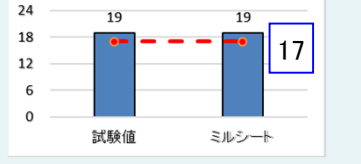
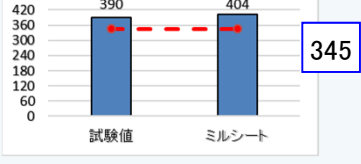

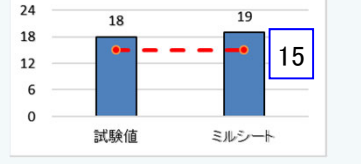
地下3階平面図

■ は核不拡散上の観点から公開できません

2. 抜取引張試験 その1 (試験結果)

第三者機関にて引張試験を実施した結果は以下の通り。
参考に納入時との比較としてミルシートの値も併記する。

表1 抜取引張試験 その1の引張試験結果(グラフは平均値で記載)

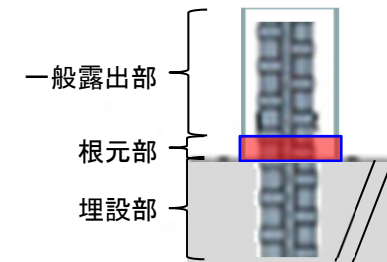
鉄筋径 (試験数)	降伏点(N/mm ²)		引張強さ(N/mm ²)		伸び(%)	
	試験結果と納入時の比較	判定	試験結果と納入時の比較	判定	試験結果と納入時の比較	判定
D22 (4本)		○		○		NG 最大値:14 最小値:12 平均値:13
D29 (3本)		○		○		NG 最大値:18 最小値:18 平均値:18
D32 (3本)		○		○		NG 最大値:18 最小値:17 平均値:17
D35 (3本)		○		○		○ 最大値:20 最小値:18 平均値:19
D38 (3本)		○		○		○ 最大値:21 最小値:15 平均値:18

●---● □ JIS規格値

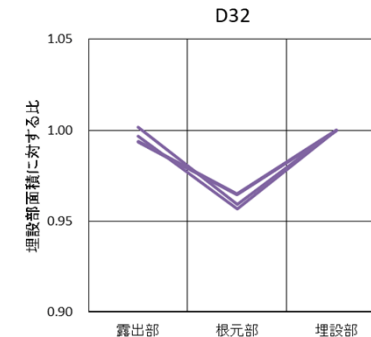
2. 抜取引張試験 その1 (「伸び」の低下の推定原因)

■推定原因

- 現場から採取した試験体は、一般露出部に比べ、根元部の径が減少している傾向にあった。
また、右図に示す部位別の鉄筋断面積比から根元部が埋設部や一般露出部に比べ面積も減少していることが伺える。
- 鉄筋の腐食による断面減少と「伸び」に相関があることが報告※されており、根元部の鉄筋腐食が「伸び」の低下の原因であると推定する。
- 根元部の腐食代は鉄筋径に関わらずほぼ一定であると考えられることから、太径鉄筋の断面積の減少率は、細径鉄筋に比べて小さい。
そのため、D35,D38の太径鉄筋が「伸び」を含むJISの規格値を満足しているものとする。



試験体の現場における模式図



試験体の部位別の断面積比(D32の例)



試験体根元部の状況写真

※ 山本貴士, 宮川豊章: 鉄筋腐食を生じた鉄筋コンクリート構造部材の力学的性能, Journal of JSCE, Vol.56, No.8, 684-693, aug.2007
塩害による腐食が鉄筋の力学的性状に与える影響, コンクリート工学論文集 第19巻第3号 2008年9月

2. 抜取引張試験 その1 (まとめ)



■まとめ

- D32以下の鉄筋については、JIS規格値の「伸び」を満足していないことから、取替工事を実施する。
- D35,D38の鉄筋については、鉄筋径の減少率がD32以下に比べ小さいことから、抜取試験ではJIS規格値を満足していた。なお、建屋全体の鉄筋の健全性を確認するため、以降に示す「引張試験」と「根元部の径の計測」を実施した。

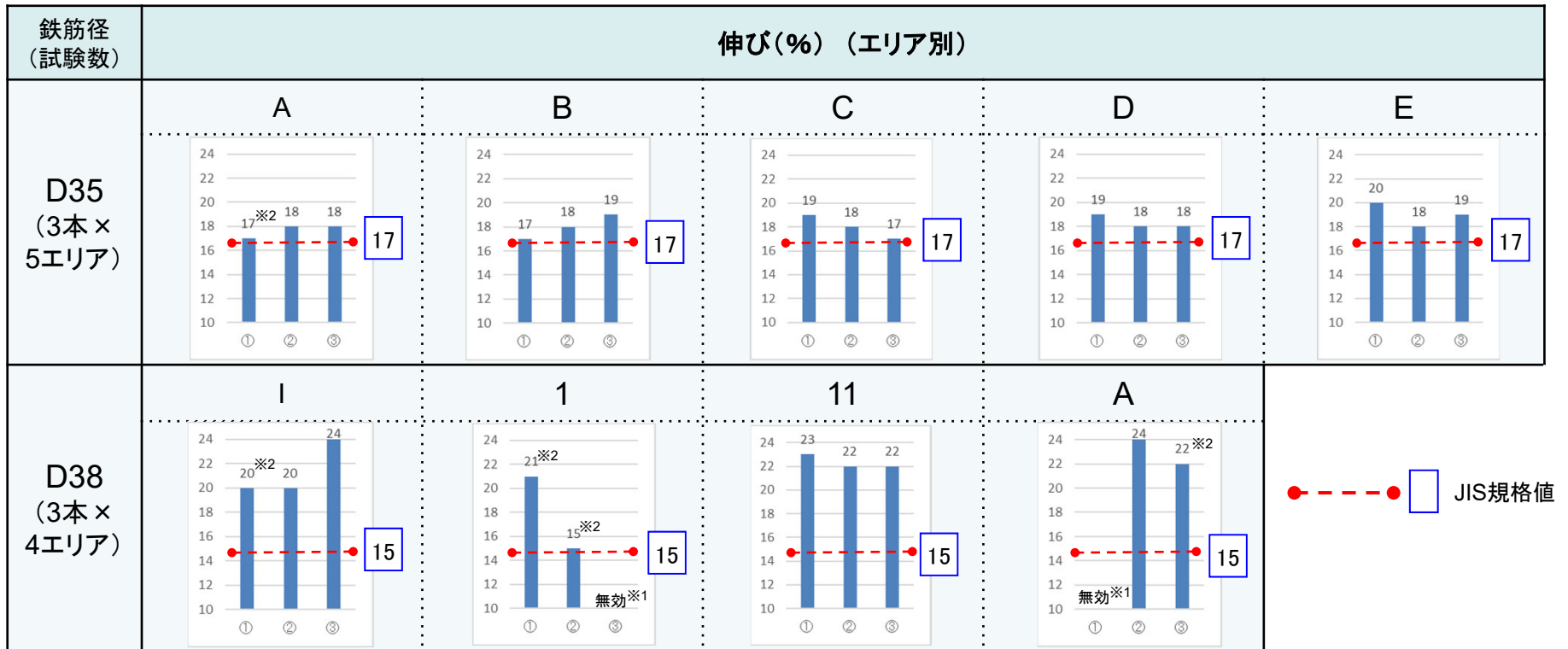
■D35,D38鉄筋の健全性確認方法について

- 従来はミルシートにより鉄筋のJIS適合を確認したが、今回は施工済みの鉄筋に対して、「引張試験」や「根元部の径の計測・評価」によりD35,D38のJISへの適合性を確認した。⇒抜取引張試験 その2

3. 抜取引張試験 その2 (試験結果 1/8)

- データ拡充のために実施した試験結果を表3-1に示す。
- 抜取りによる引張試験の結果、D35,D38ともに伸びのJIS規格値を下回るものはなかった。

表3-1 データ拡充のための引張試験結果



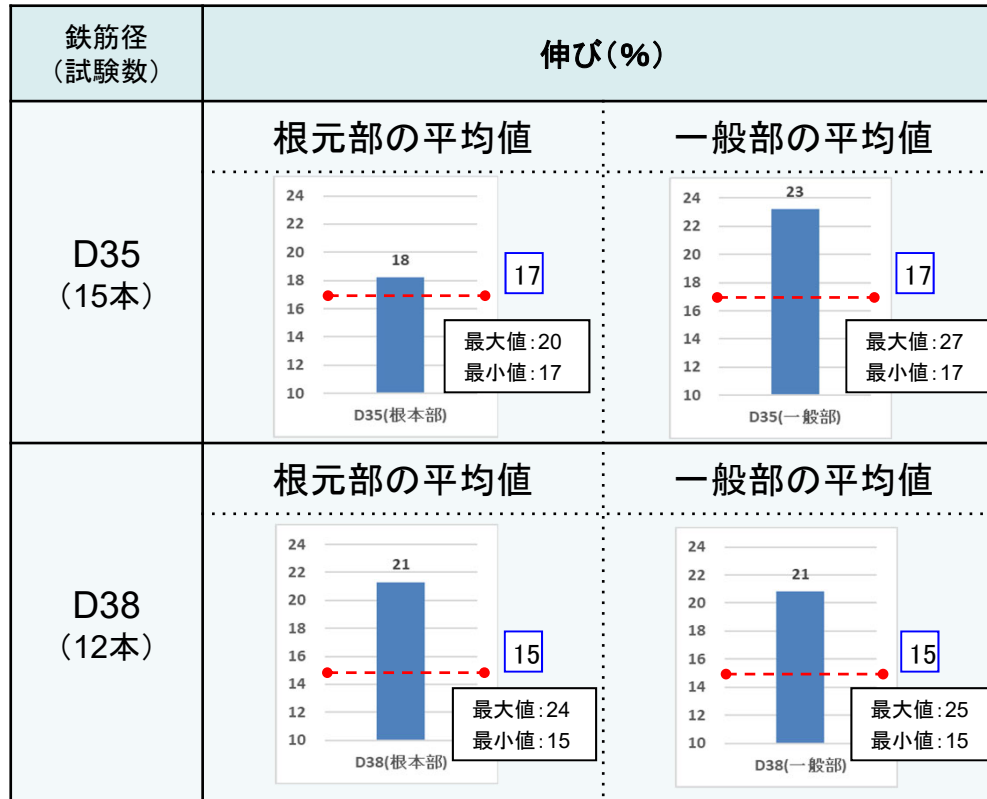
※1: JISの規定に基づき、標点間の外側(試験体中央から大きく外れている)で破断し、伸びが規定値未満となった結果は無効。
 ※2: JISの規定に基づき、標点間の外側(試験体中央から大きく外れている)で破断したが、伸びが規定値以上となった結果は有効。
 (P77参照)

- 規格値以上であれば健全である。(なお、新しい状態で納入された鉄筋でも伸びの値が規格値と同じものもある。)
- 規格値における伸び性能の基本的な意味は、現場における鉄筋の曲げ加工を考慮したものであるが、今回評価対象の差し筋はいずれも曲げ加工を行わない設計である。

3. 抜取引張試験 その2 (試験結果 2/8)

根元部試験体と一般部試験体※の試験結果の比較を表3-2に示す。

表3-2 根元部と一般部の伸びの比較(グラフは平均値で記載)



※: 一般部試験体は根元部試験体と同一の鉄筋から上部の部分について採取した試験体

● --- ● □ JIS規格値

■ 考察

- 1) D35はエリアの違いにより、伸びの値に大きな違いが無いことから、エリアの違いにより錆による腐食の影響に違いはないものと推定できる。
- 2) D35の上部の伸びは、根元部の伸びに比べ大きいことから根元部の径の太さに着目した引張試験を実施することで、健全性が確認できる。
- 3) 外周壁のD38は水がたまりにくい部位にあり、根元部が上部に比べ錆による腐食が進展している傾向は見られなかったことから、根元部の減少率が明らかに小さい場合は引張試験は行わず、引張試験は最小径の鉄筋について行えば健全性が確認できる。

3. 抜取引張試験 その2 (試験結果 3/8)



・JIS G 3112(鉄筋コンクリート用棒鋼)にて規定されている確認項目と判定基準を以下の表3-3に示す。

表3-3 D35,D38のJIS規格項目と判定基準

JIS規格項目※		判定基準
異形棒鋼の種類		SD345であること
化学成分		C、Si、Mn、P、S、 $C+\frac{Mn}{6}$ の成分含有率が規定値以下
機械的性質	降伏点または耐力	345(N/mm ²) ~ 440(N/mm ²)
	引張強さ	490(N/mm ²)以上
	伸び	D35: 17%以上、D38: 15%以上
	曲げ性	曲げ角度: 180°、内側半径: 公称直径の2倍 その外側に亀裂を生じないこと
形状・寸法・質量	単位質量	規定値(D35: 7.51(kg/m)、D38: 8.95(kg/m))の許容差(±4%)以内
	節の高さ	D35: 1.7(mm) ~ 3.4(mm)、D38: 1.9(mm) ~ 3.8(mm)
	節の平均間隔の最大値	D35: 24.4(mm)、D38: 26.7(mm)
	節のすき間の合計の最大値	D35: 27.5(mm)、D38: 30.0(mm)
	節と軸線との角度	45° 以上
外観		使用上有害なきずがあってはならない

なお、直径・周長・断面積については公称値が記載されているのみで判定値は無い。

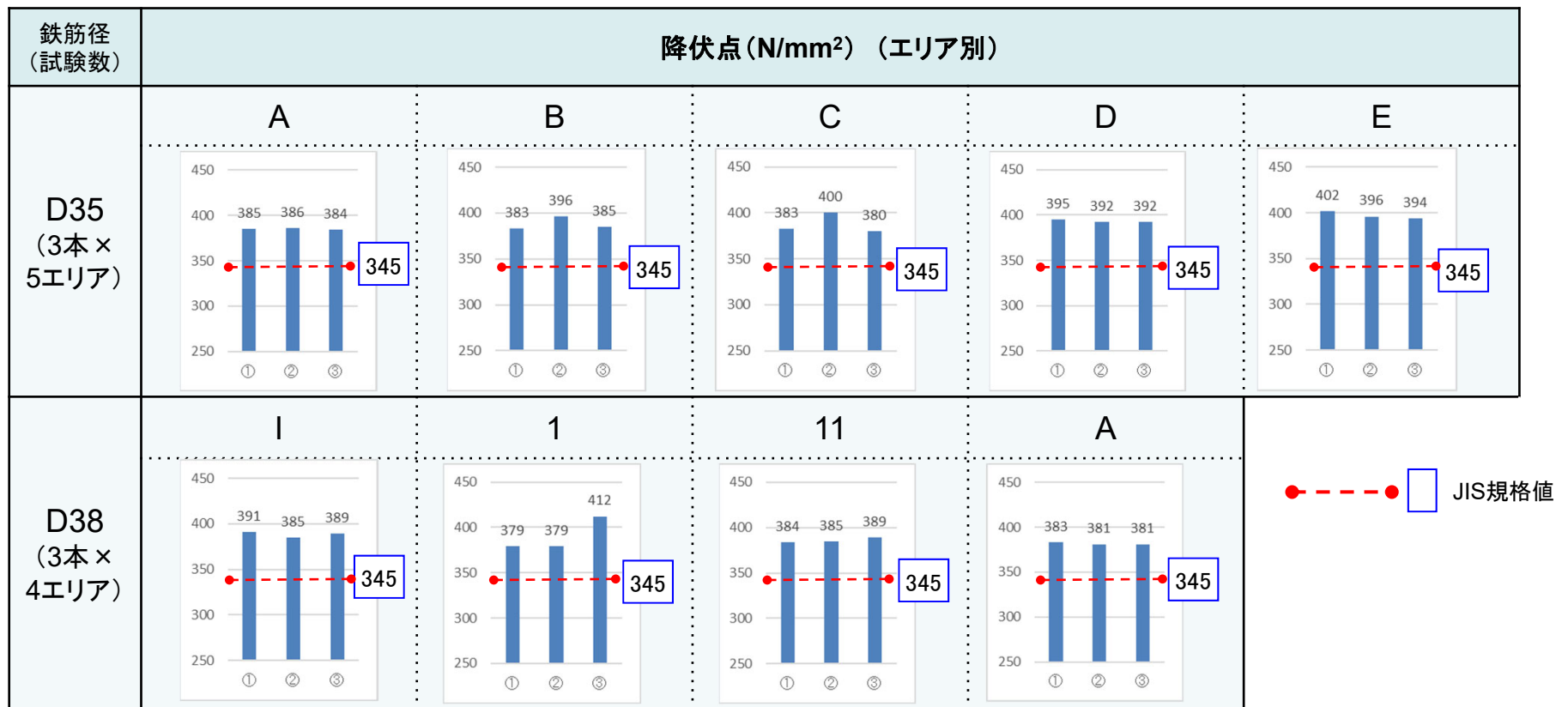
※: JIS G3112:2010 鉄筋コンクリート用棒鋼 [表1 種類の記号、表2 化学成分、表3 機械的性質、表4 異形棒鋼の寸法、単位質量及び許容限界、表8 異形棒鋼1本の質量許容差(D29以上は±4%)]

3. 抜取引張試験 その2 (試験結果 4/8)

■ 降伏点について

- 現場から採取した試験体の「降伏点」を表3-4に示す。
- D35,D38ともにJIS規格値を逸脱するものはなかった。

表3-4 引張試験結果(降伏点)



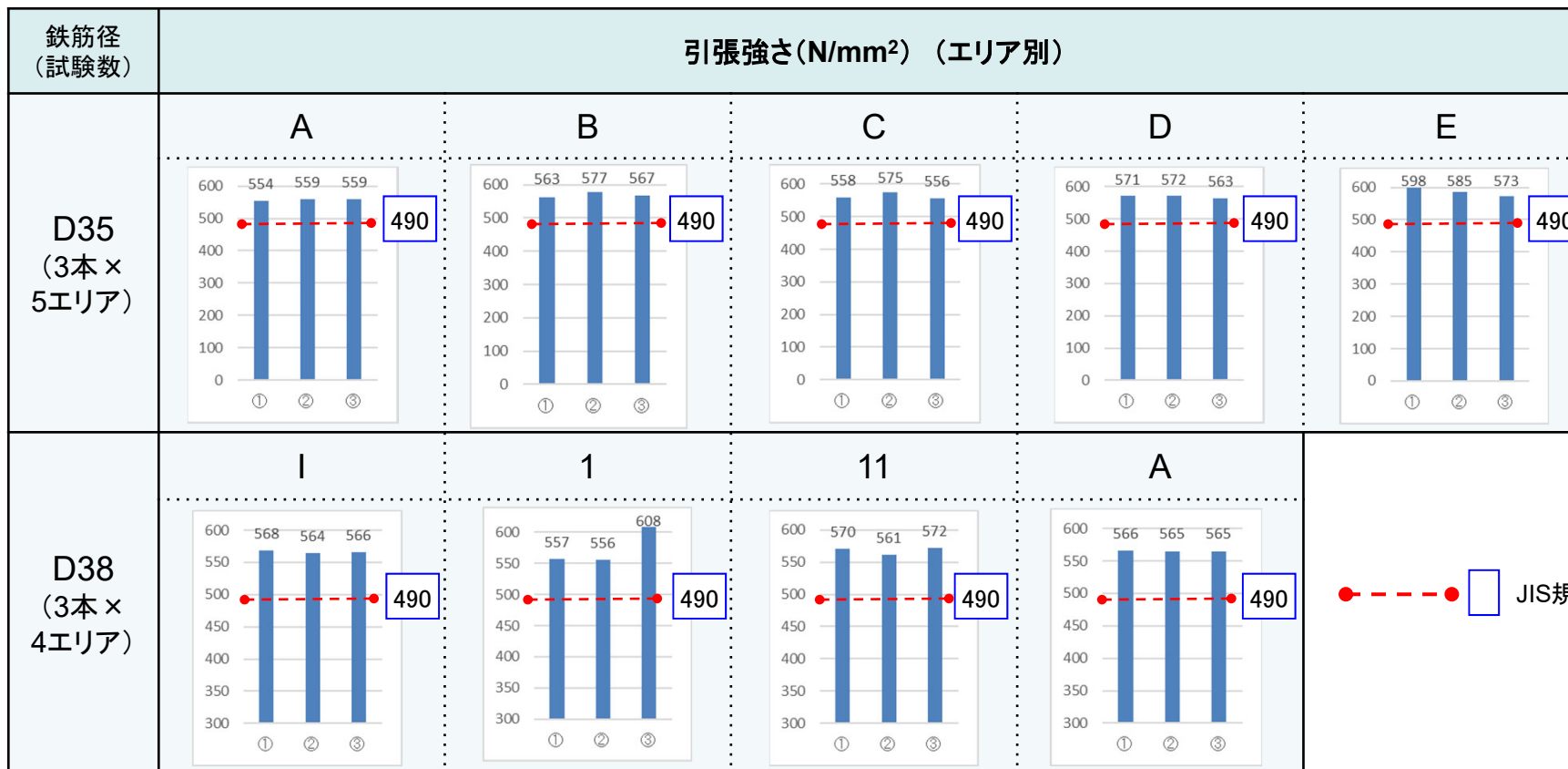
エリア図については、P8 図3-1参照

3. 抜取引張試験 その2 (試験結果 5/8)

■ 引張強さについて

- 現場から採取した試験体の「引張強さ」を表3-5に示す。
- D35,D38ともにJIS規格値を逸脱するものはなかった。

表3-5 引張試験結果(引張強さ)

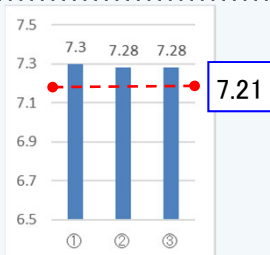
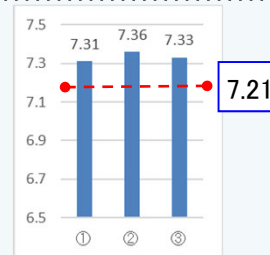
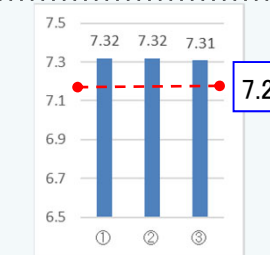
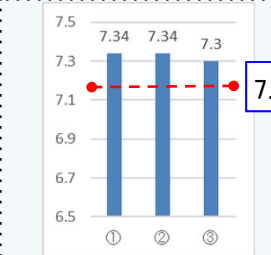
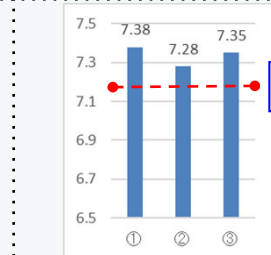
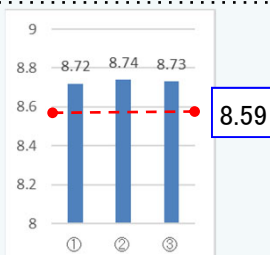
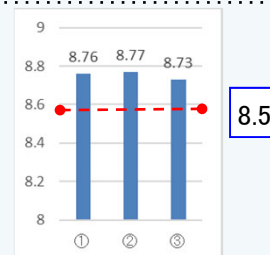
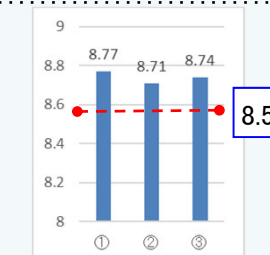
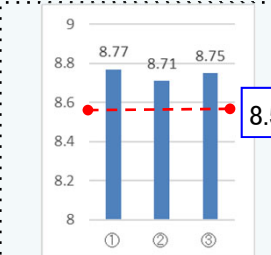


3. 抜取引張試験 その2 (試験結果 6/8)

■ 単位質量について

- 現場から採取した試験体の「単位質量」を表3-6に示す。
- 測定の結果、D35,D38ともにJIS規格値を下回るものはなかった。

表3-6 単位質量測定結果

鉄筋径 (試験数)	単位質量(kg/m) (エリア別)				
D35 (3本× 5エリア)	A	B	C	D	E
					
	I	1	11	A	
					

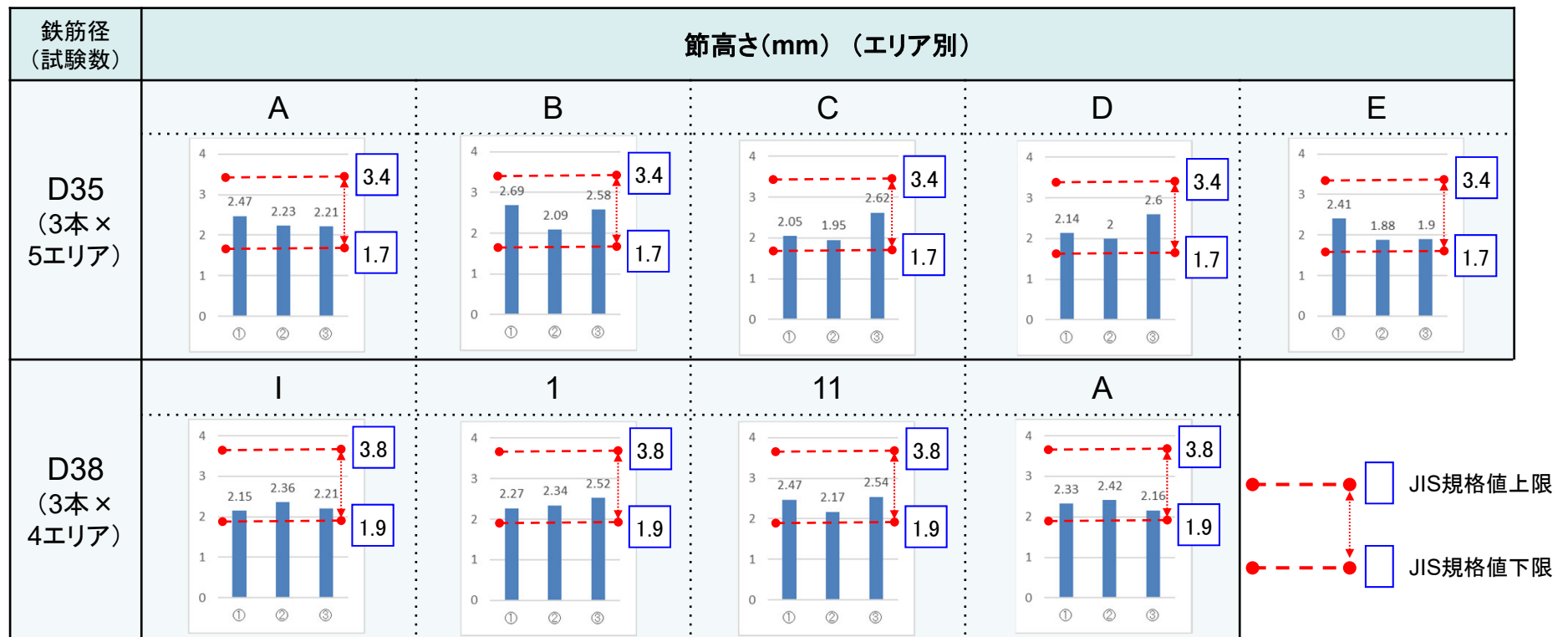
● - - - ● □ : JIS 許容差下限値(-4%)

3. 抜取引張試験 その2 (試験結果 7/8)

■ 節高さについて

- 現場から採取した試験体の「節高さ(根元部)」を表3-7に示す。
- 測定の結果、D35,D38ともにJIS規格値を逸脱するものはなかった。

表3-7 節高さ(根元部)測定結果



3. 抜取引張試験 その2 (試験結果 8/8)



■ その他の項目を含めた総括評価

JIS G 3112(鉄筋コンクリート用棒鋼)にて規定されている項目に関する評価を以下の表3-8に示す。

表3-8 D35,D38のJIS規格項目

JIS規格項目		評価
異形棒鋼の種類		SD345であることをミルシートで確認
化学成分		腐食している鉄筋表面が腐食減少しても材料内部の変化はないため、問題ないとする
機械的性質	降伏点または耐力	P12に示す通り規格値を満足している
	引張強さ	P13に示す通り規格値を満足している
	伸び	P9に示す通り規格値を満足している
	曲げ性	評価対象である差し筋には曲げ加工を行うものはないため、評価不要とする
形状・寸法・質量	単位質量	P14に示す通り規格値を満足している
	節の高さ	P15に示す通り規格値を満足している
	節の平均間隔の最大値	腐食により鉄筋の軸方向の節の位置は変わらないため、問題ないとする
	節のすき間の合計の最大値	
	節と軸線との角度	
外観		抜取った鉄筋の目視において「使用上有害なきず」はないため、問題ないとする

以上により、ランダムに採取したD35,D38の試験体について、JIS規格への適合性を確認・評価した。

3. 抜取引張試験 その2 (まとめ)



■まとめ

- 抜取引張試験その2では、D35,D38の鉄筋の全数の健全性を確認する上で、施工エリアの違いによる伸び性能の違いの有無や、データの拡充により全体の伸び性能の傾向把握を目的に引張試験体数を増やして抜取引張試験を実施した。
- D35(15本)とD38(10本)の試験体において、JIS規格値の「伸び」を満足した。なお、D38の2本は引張試験結果が「無効」であったが、これはJISが定める試験方法の上ではJIS規格値を満足しない鉄筋とはならない。
- 以上から、ランダムに採取した鉄筋においても全数が、伸びのJIS規格値を満足していることから、D35,D38の鉄筋の中に伸びのJIS規格値を満足しないものが多数存在しないものと推定した。

■D35,D38鉄筋の健全性確認方法について

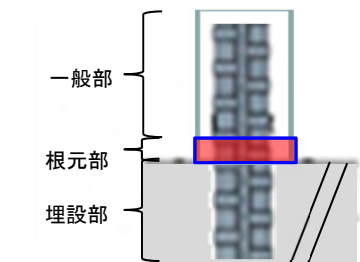
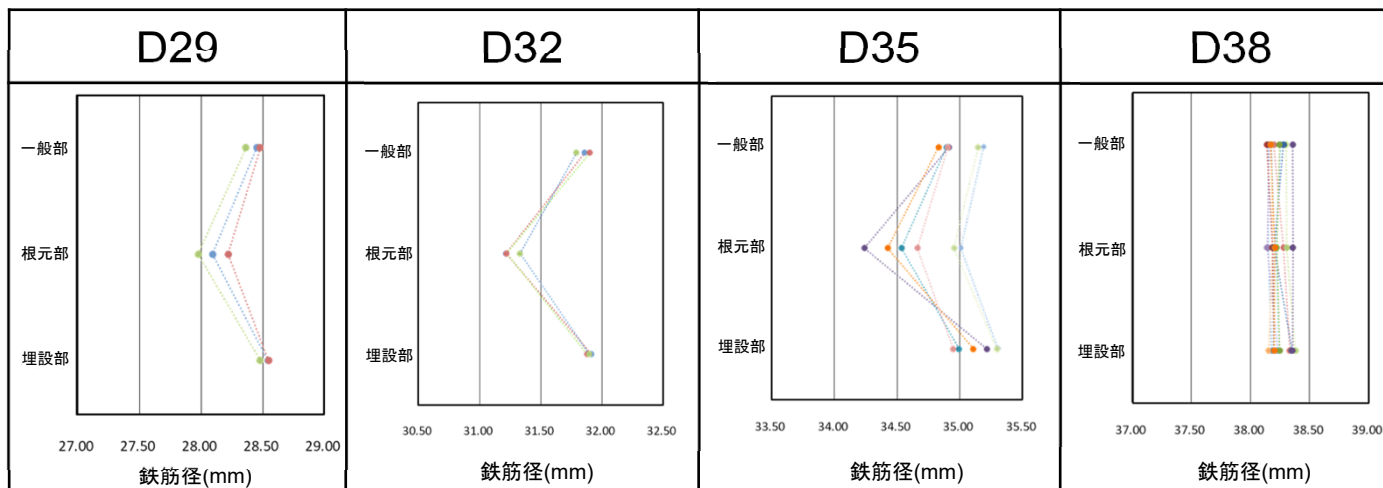
- D35,D38の鉄筋全数の健全性について、次頁以降に示す調査や試験により確認する。⇒全数の健全性確認

4. D35,D38鉄筋 全数の健全性確認（概要）

- D35,D38の全数の健全性確認するため、「鉄筋径の全数計測」を基に「径の細さ」と「根元部減少率の大きさ」※¹に着目し、試験体を採取して引張試験を実施する。
- 「径の細さ」に加え「根元部減少率の大きさ」に着目した根拠としては、図4-1に示すようにD29,D32及びD35では根元部の径が他の部位（一般部,埋設部）に比べて細くなっている傾向があり、これが伸びの低下に影響したものと推定するため、「根元部減少率が大きい」鉄筋についても試験体を採取する。
- また、形状面から健全性確認するため、JISの質量許容差の下限値から換算した「公称径の下限値」※²を設けて健全性の判断とする。ただし、「公称径の下限値」を満足していることが伸びの性能を担保するものではない。
- D35,D38の鉄筋の健全性確認フローをP19の図4-2に示す。

※¹:「根元部の径」を「一般部の径」で割った値が小さいほど、根元部減少率が大きいとする。

※²: JISに示されている質量許容差から算出される径をここでは「公称径の下限値」と称する。（鉄筋径D29以上の質量許容差は±4%）



試験体の現場における模式図

図4-1 鉄筋の部位別径比較

4. D35,D38鉄筋 全数の健全性確認 (フロー図)

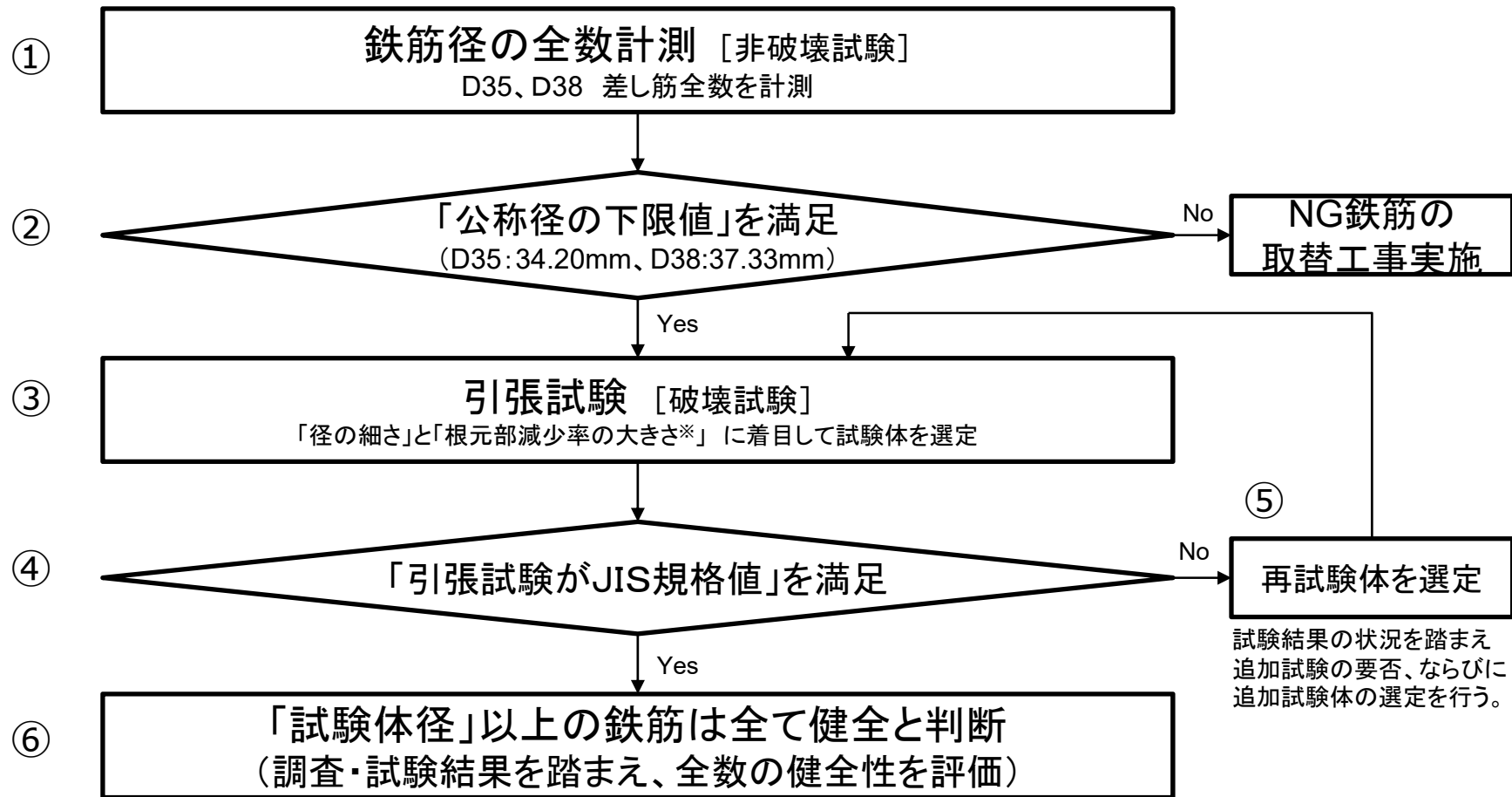


図4-2 鉄筋の健全性確認フロー

※ 「根元部の径」を「一般部の径」で割った値が小さいほど、根元部減少率が大きいとする。
なお、根元部減少率が明らかに小さい場合は最小径の試験体を採用する。

4. D35,D38鉄筋 全数の健全性確認（フロー図解説 1／5）



■ 図4-2 鉄筋の健全性確認フローにおける ①の解説（鉄筋径の全数計測）

- 腐食により、根元部の鉄筋径が小さくなったことが伸び性能の低下につながったと推定されることから、D35,D38の鉄筋径を計測し、根元部の腐食の進展が大きな鉄筋を抽出した。
- 鉄筋径の測定箇所は図4-3に示す通りコンクリート面から露出している根元部の①第1節の部分と②第2節の部分、一般部として③100mm程度上方の部分測定する。また、計測誤差をなるべく排除するために、各節で3回計測し最小値を各節の値として用いる。

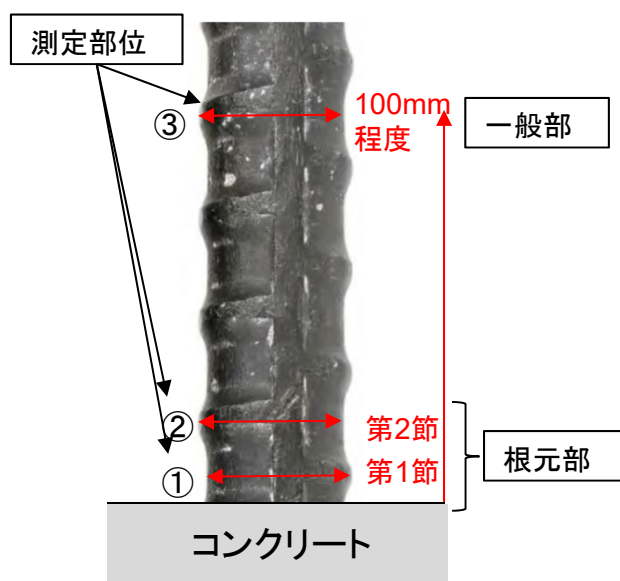


図4-3 鉄筋径測定位置

■つづき ②の解説 (「公称径の下限值」を満足)

- 伸び性能とは別に、形状面での閾値としてJISで規定されている質量許容差(-4%)から換算される径を「公称径の下限值」として定める。
(D35: 34.20mm ,D38: 37.33mm)
- 今回、径の計測結果において「公称径の下限值」を下回ったものについては形状面での閾値を下回ったものとみなし、鉄筋の取替を行う。
- なお、質量許容差は単位長さ当たりの規格値であることから、局所的な径の低下の評価において形状面での閾値として用いることには、保守性を有していると考えている。
ただし、「公称径の下限值」を満足しているだけで伸び性能の有無を判断するものではない。

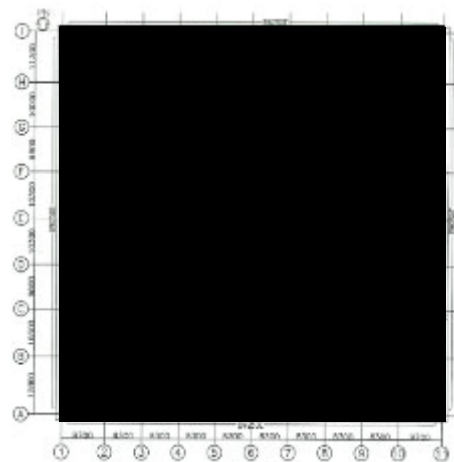
4. D35,D38鉄筋 全数の健全性確認 (フロー図解説 3/5)



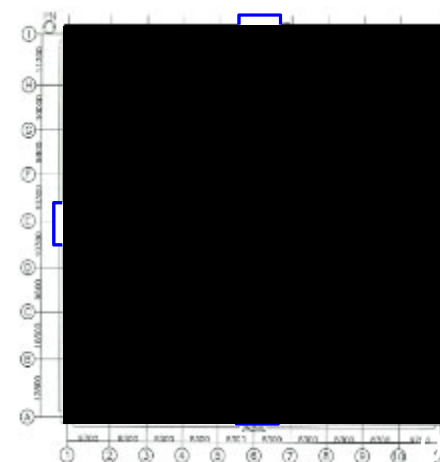
■つづき ③の解説 (引張試験)

- 先にランダムに採取した抜取り試験体(D35:15本,D38:12本)に加え、以下の鉄筋に対して引張試験を実施する。
- D35については、まず初めにエリア毎の「最小径の鉄筋」に加え「根元部減少率が大きい鉄筋」についてエリア毎に1本採取する。(計10本)
- D38については、先のランダムに採取した鉄筋の径や根元部減少率とに大きな差がないこと、および、ランダムに採取した鉄筋の伸びの性能が十分にあったことから、外周立ち上がり壁からの引張試験は行わない。

一方、中央エリアのD38については、最小径と根元部減少率が大きな2本について引張試験を実施する。(計2本) なお、中央エリアのD38は最小径の低下割合が小さく(公称径の99%)、また伸びの規格値が15%であることから、D35に比べ伸びの性能が規格値を下回るリスクは小さいと思われるが、確認までに引張試験を実施する。



分割エリア (D35)



分割エリア (D38)

地下3階平面図

■ は核不拡散上の観点から
公開できません

■ つづき ④の解説（引張試験がJIS規格値を満足）

- 引張試験結果が以下のJIS規格値の「伸び」を満足することを確認する。

D35: 17%

D38: 15%

■ ⑤の解説（再試験体を選定）

- 各エリアから抜き取った鉄筋がNGとなった場合、NGとなった鉄筋径以下の他のエリアの鉄筋についても取替を行う。
- 抜き取った鉄筋がNGであれば、再試験用の試験体を選定し、引張試験を実施する。なお、試験体の選定にあたっては、試験結果の状況を踏まえ追加試験の要否、ならびに、追加試験体の選定を行う。

■つづき ⑥の解説（そのエリアの「試験体径」以上の鉄筋は全て健全と判断）

- 先にランダムに採取した抜取り試験体（D35：15本，D38：12本）に加え、径の計測結果から抽出された「径の細さ」と「根元部減少率の大きさ」に着目して、試験体を選定して引張試験を実施する。
なお、JISではロットからランダムに試験体を抜取り、試験を実施しているが、今回は伸び性能の小さいと推定される径の細い鉄筋に着目した引張試験を行うことになるので、JISの抜取りに比べ厳しめの試験体の選定となっていると考える。
- また、JISでは50t毎にランダムに1本の抜取り試験を行うことになっている。
今回、腐食の見られたD35の施工重量が約90t，D38が約190tであることから、JISにおける抜取り率と同等以上である。
- 以上より、「細かい径」と「根元部減少率が大きい」試験体がJIS規格値を満足していれば、その試験体以上の鉄筋は全て健全と判断する。

5. D35,D38 鉄筋径の計測（概要）



■計測結果の概要と考察

- ・ D35とD38の鉄筋径の計測結果の全エリアの度数分布を図5-1,図5-2に示す。
- ・ エリア別に見た場合でも度数分布に有意な差は見受けられない。(図5-3,図5-4参照)
- ・ 「公称径の下限值」(D35:34.20mm,D38:37.33mm)を下回る鉄筋は無かった。
- ・ 径の度数分布は概ね正規分布しており、最小径※が同じになる鉄筋は多数存在していない。
- ・ 正規分布となっていることから、細い径の引張試験がJIS規格値を満足すれば、それより太い径の鉄筋は健全であると考ええる。

※ 腐食により部分的に径が最も細くなった鉄筋の径

5. D35,D38 鉄筋径の計測 (計測結果 1/3)



■ D35 鉄筋径の計測結果

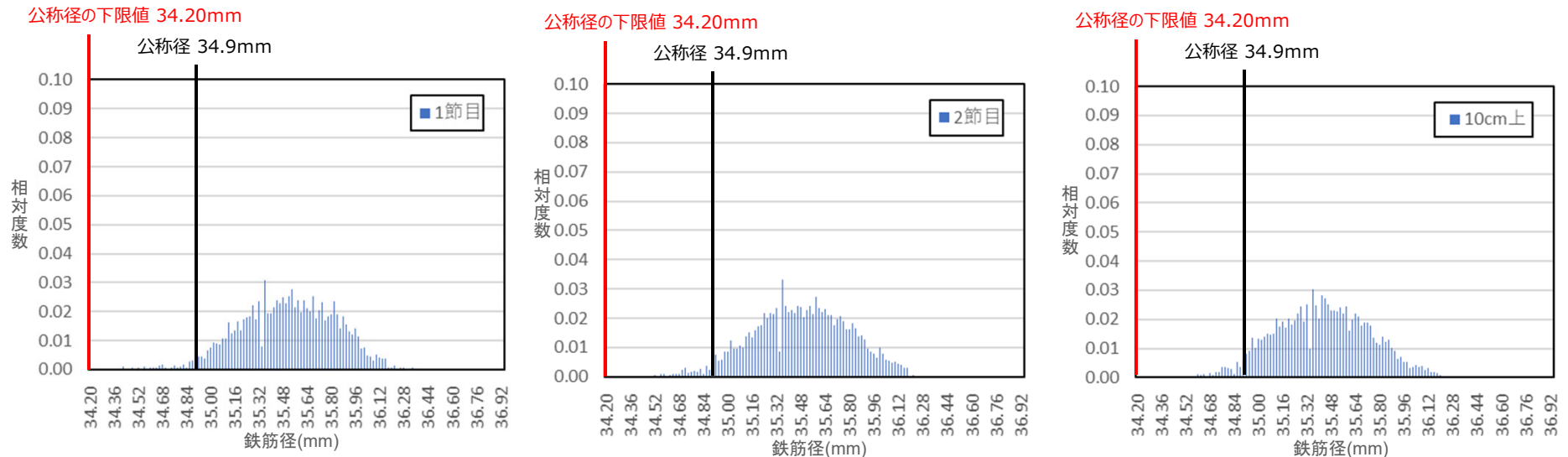


図5-1 径測定結果の度数分布(D35) (計測数:6,033本)

■ D38 鉄筋径の計測結果

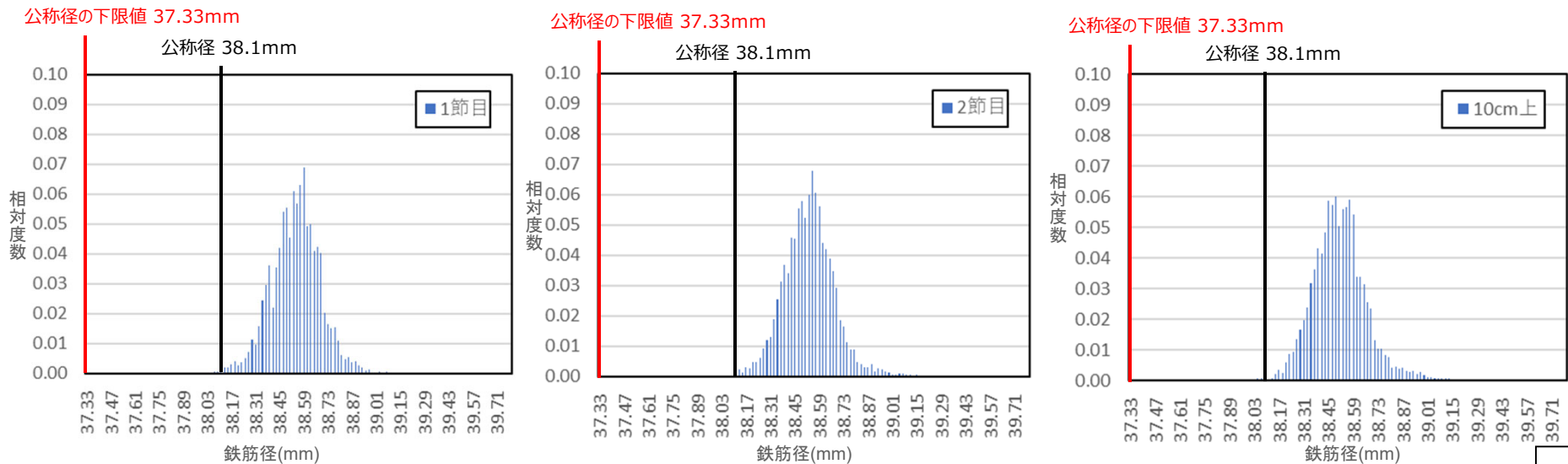


図5-2 径測定結果の度数分布(D38) (計測数:8,189本)

5. D35,D38 鉄筋径の計測 (計測結果 2/3)



■D35のエリア別の鉄筋径計測結果

各グラフの横軸は、鉄筋径 (mm)
縦軸は、相対度数

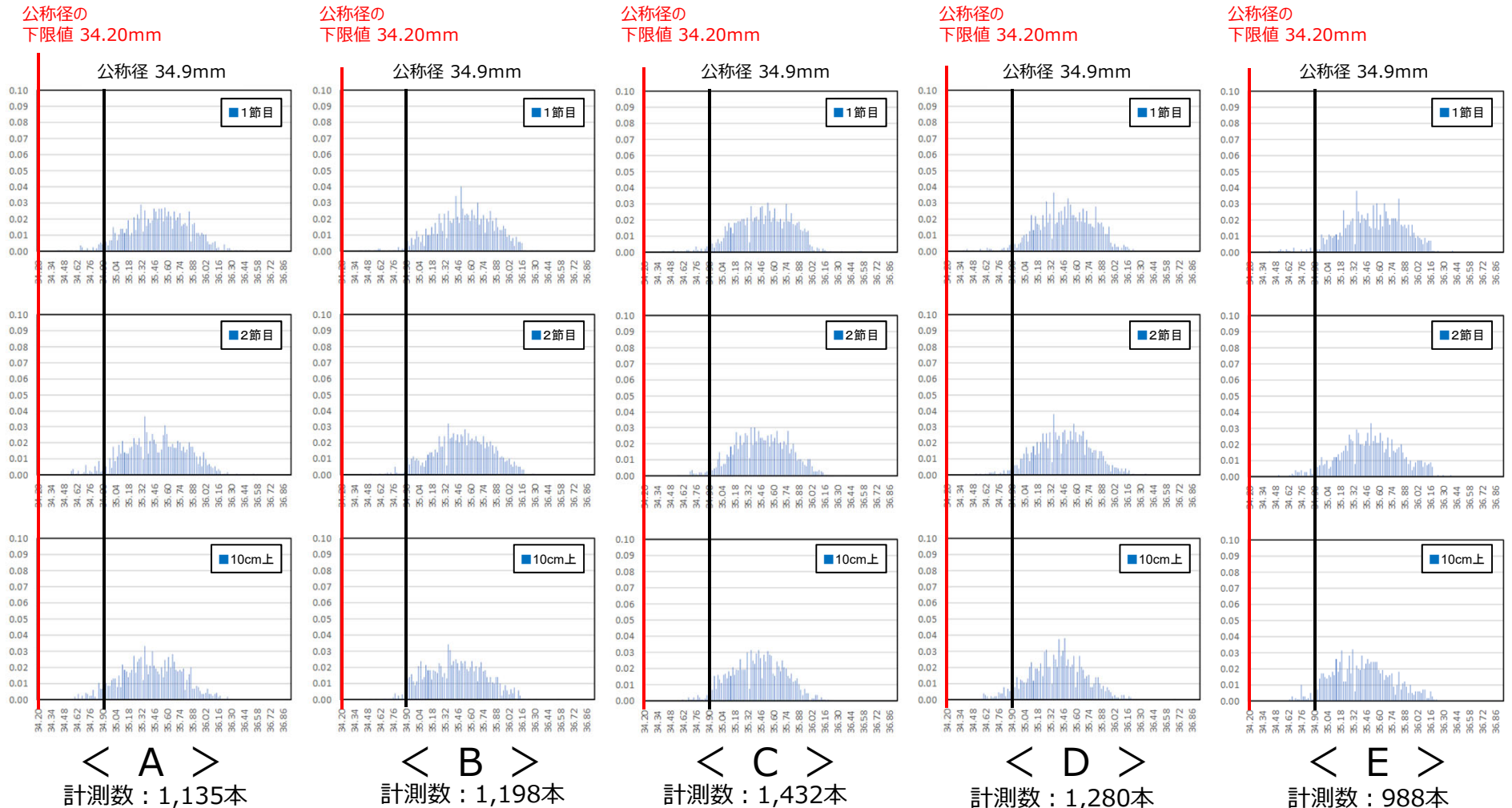


図5-3 径測定結果の度数分布(D35エリア別)

- ・径の値の度数分布は概ね正規分布しており、最小径が同じになる鉄筋は多数存在していない。
- ・最小径（腐食により部分的に径が最も細くなった鉄筋）の引張試験がJIS規格値を満足すれば全体が健全であると示せる分布になっている。

5. D35,D38 鉄筋径の計測 (計測結果 3/3)



■D38のエリア別の鉄筋径計測結果

各グラフの横軸は、鉄筋径 (mm)
縦軸は、相対度数

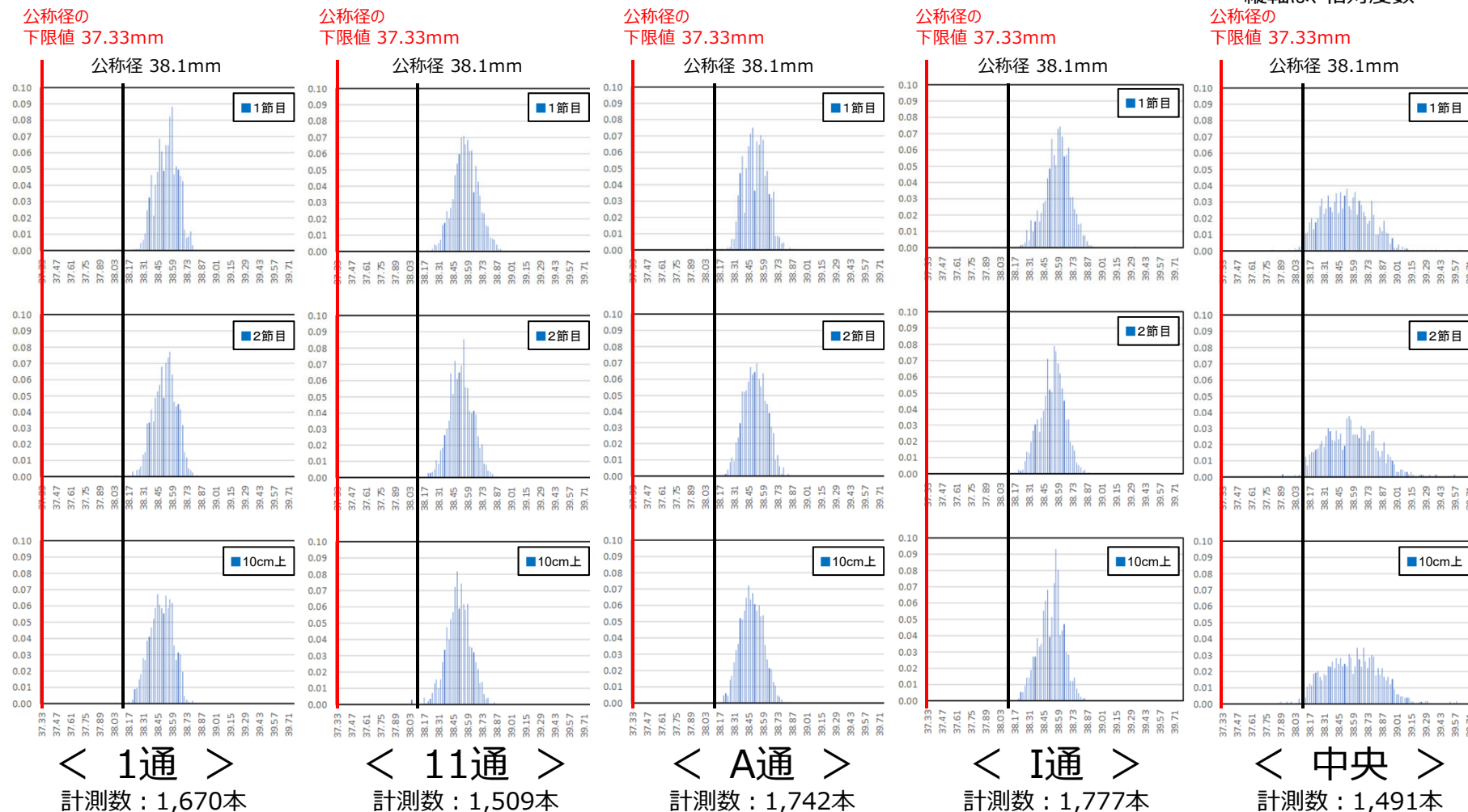


図5-4 径測定結果の度数分布(D38エリア別)

- ・径の値の度数分布は概ね正規分布しており、最小径が同じになる鉄筋は多数存在していない。
- ・最小径（腐食により部分的に径が最も細くなった鉄筋）の引張試験がJIS規格値を満足すれば全体が健全であると示せる分布になっている。

5. D35,D38 鉄筋径の計測（引張試験体の選定 1／3）



■D35 引張試験体の選定

- D35の引張試験の試験体は、各エリアから「最小径」と「根元部減少率が最も大きい」試験体を各1本ずつ採取した。表5-1に、各エリアの径と根元部減少率の順位を示す。

表5-1 径計測結果順位表(D35)

D35	Aエリア			Bエリア			Cエリア			Dエリア			Eエリア		
径	順位	径(mm)	測定位置	順位	径(mm)	測定位置	順位	径(mm)	測定位置	順位	径(mm)	測定位置	順位	径(mm)	測定位置
	1	34.42	1節	1	34.39	1節	1	34.39	1節	1	34.37	1節	1	34.41	1節
	2	34.43	1節	2	34.41	1節	2	34.42	1節	2	34.42	1節	2	34.47	1節
	3	34.48	1節	3	34.46	1節	3	34.45	1節	3	34.42	1節	3	34.51	1節
	4	34.53	10cm	4	34.48	1節	4	34.48	1節	4	34.45	1節	4	34.52	1節
	5	34.55	1節	5	34.49	1節	5	34.49	1節	5	34.48	1節	5	34.54	1節
	6	34.55	2節	6	34.51	1節	6	34.50	1節	6	34.52	2節	6	34.54	1節
	7	34.55	2節	7	34.52	2節	7	34.51	1節	7	34.56	1節	7	34.55	1節
	8	34.56	2節	8	34.52	10cm	8	34.52	1節	8	34.56	1節	8	34.59	1節
	9	34.57	2節	9	34.58	1節	9	34.56	1節	9	34.57	1節	9	34.60	1節
10	34.57	2節	10	34.59	1節	10	34.64	1節	10	34.57	10cm	10	34.62	1節	
根元部減少率	順位	減少率	測定位置	順位	減少率	測定位置	順位	減少率	測定位置	順位	減少率	測定位置	順位	減少率	測定位置
	1	0.9722	1節	1	0.9697	2節	1	0.9741	2節	1	0.9615	2節	1	0.9767	2節
	2	0.9734	2節	2	0.9734	2節	2	0.9763	2節	2	0.9769	2節	2	0.9785	2節
	3	0.9749	1節	3	0.9740	1節	3	0.9768	2節	3	0.9774	2節	3	0.9792	1節
	4	0.9756	2節	4	0.9761	1節	4	0.9774	2節	4	0.9784	2節	4	0.9800	1節
	5	0.9762	1節	5	0.9766	2節	5	0.9775	2節	5	0.9790	2節	5	0.9817	1節
	6	0.9766	2節	6	0.9770	2節	6	0.9777	1節	6	0.9793	2節	6	0.9818	2節
	7	0.9769	2節	7	0.9773	2節	7	0.9779	1節	7	0.9801	1節	7	0.9821	1節
	8	0.9770	2節	8	0.9777	1節	8	0.9780	1節	8	0.9821	2節	8	0.9826	2節
	9	0.9773	2節	9	0.9779	2節	9	0.9785	1節	9	0.9821	1節	9	0.9830	2節
10	0.9777	1節	10	0.9782	2節	10	0.9790	1節	10	0.9823	1節	10	0.9832	2節	

□: 引張試験用に採取する試験体

5. D35,D38 鉄筋径の計測 (引張試験体の選定 2/3)



■ D38 引張試験体の選定

- D38の引張試験の試験体は、「中央部エリア」から「最小径」と「根元部減少率が最も大きい」試験体を各1本ずつ採取する。なお、「1通エリア」、「11通エリア」、「A通エリア」、「I通りエリア」は最小径が公称径(38.1mm)とほぼ同じであり(公称径の下限值に対して余裕がある)、かつ根本部減少率も0.99 $\cdot\cdot$ と1に近いこと、及び、「抜取引張試験 その2」の D38の引張試験の伸びの結果がJIS規格値に対して十分な余裕があったことを踏まえ、追加の引張試験は不要と判断した。

表5-2に、各エリアの径と根元部減少率の順位を示す。

表5-2 径計測結果順位表(D38)

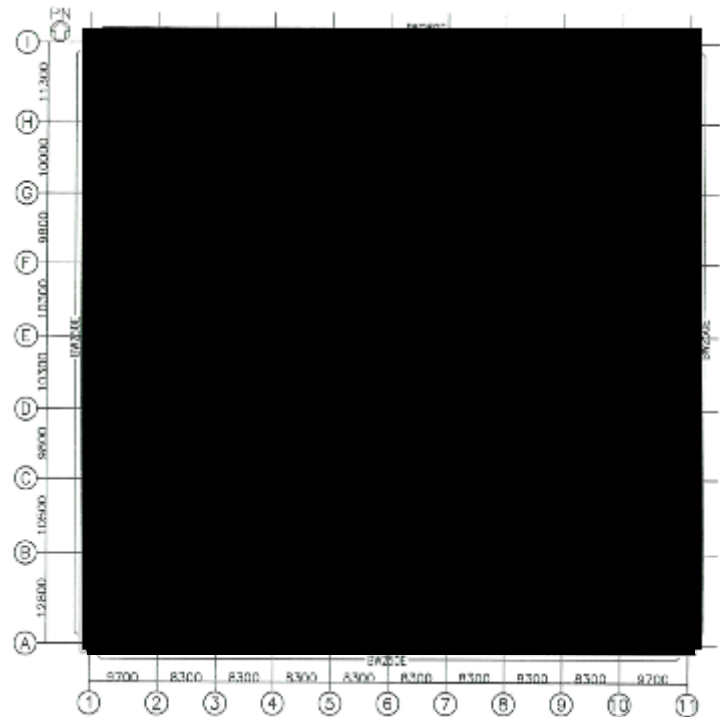
□: 引張試験用に採取する試験体

D38	1通エリア			11通エリア			A通エリア			I通エリア			中央部エリア		
径	順位	径(mm)	測定位置	順位	径(mm)	測定位置	順位	径(mm)	測定位置	順位	径(mm)	測定位置	順位	径(mm)	測定位置
	1	38.04	10cm	1	38.01	10cm	1	38.03	10cm	1	38.01	1節	1	37.75	2節
	2	38.16	2節	2	38.05	10cm	2	38.17	10cm	2	38.17	2節	2	37.80	1節
	3	38.17	10cm	3	38.05	10cm	3	38.18	1節	3	38.20	2節	3	37.88	10cm
	4	38.19	10cm	4	38.05	10cm	4	38.19	10cm	4	38.20	2節	4	37.89	10cm
	5	38.20	2節	5	38.05	10cm	5	38.20	10cm	5	38.21	2節	5	37.90	2節
	6	38.20	2節	6	38.11	10cm	6	38.20	10cm	6	38.21	2節	6	37.91	2節
	7	38.20	10cm	7	38.15	10cm	7	38.21	2節	7	38.21	10cm	7	37.91	2節
	8	38.21	1節	8	38.16	10cm	8	38.21	10cm	8	38.22	10cm	8	37.94	10cm
	9	38.21	2節	9	38.17	10cm	9	38.21	10cm	9	38.22	10cm	9	37.94	10cm
	10	38.21	2節	10	38.17	10cm	10	38.21	10cm	10	38.22	10cm	10	37.95	2節
根元部減少率	順位	減少率	測定位置	順位	減少率	測定位置	順位	減少率	測定位置	順位	減少率	測定位置	順位	減少率	測定位置
	1	0.9930	1節	1	0.9948	1節	1	0.9943	1節	1	0.9969	1節	1	0.9712	1節
	2	0.9933	2節	2	0.9951	1節	2	0.9951	1節	2	0.9971	1節	2	0.9757	2節
	3	0.9943	2節	3	0.9956	1節	3	0.9961	2節	3	0.9974	1節	3	0.9766	1節
	4	0.9948	1節	4	0.9966	1節	4	0.9961	2節	4	0.9974	2節	4	0.9770	2節
	5	0.9959	1節	5	0.9966	1節	5	0.9964	1節	5	0.9974	1節	5	0.9780	1節
	6	0.9964	1節	6	0.9966	1節	6	0.9964	2節	6	0.9977	1節	6	0.9827	1節
	7	0.9964	2節	7	0.9969	1節	7	0.9964	1節	7	0.9979	1節	7	0.9830	2節
	8	0.9969	1節	8	0.9969	1節	8	0.9964	1節	8	0.9979	2節	8	0.9836	2節
	9	0.9969	2節	9	0.9969	1節	9	0.9964	1節	9	0.9979	1節	9	0.9837	2節
	10	0.9971	1節	10	0.9972	1節	10	0.9964	1節	10	0.9979	1節	10	0.9838	2節

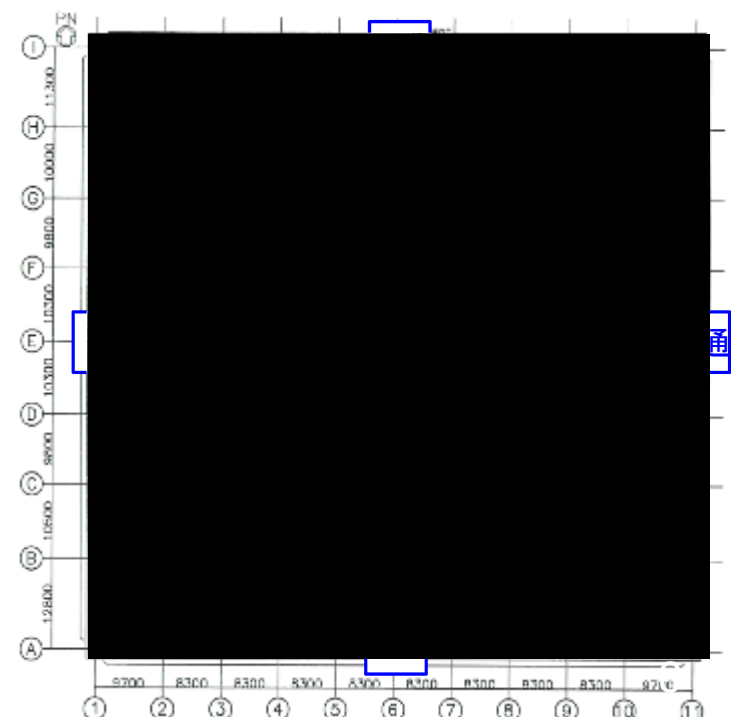
5. D35,D38 鉄筋径の計測（引張試験体の選定 3／3）



■引張試験を採取する試験体場所



分割エリア（D35）



分割エリア（D38）

- 凡例
- : 最小径の試験体
 - : 根元部減少率が最も大きい試験体

図5-5 地下3階平面図 ■ は核不拡散上の観点から公開できません

6. 最小径と最大根元部減少率の引張試験（伸びの試験結果）



- 各エリアから「最も径の細い鉄筋」と「最も根元部減少率※が大きな鉄筋」（表6-2,表6-3,図5-5参照）について実施した試験結果を以下に示す。

表6-1 最小径と根元部減少率の「伸び」試験結果

種類	最小径に着目した試験			根元部減少率に着目した試験			伸びの JIS 規格値 (%)
	径(mm)	伸び(%)	判定	根元部 減少率	伸び(%)	判定	
D35	34.37 <small>全鉄筋(6,033本)の 中の最小径</small>	16	NG	0.9615 <small>全鉄筋(6,033本)の 中の最大減少率</small>	16	NG	17
	34.39	21	○	0.9697	19	○	
	34.39	18	○	0.9722	17	○	
	34.41	18	○	0.9741	17	○	
	34.42	18	○	0.9767	18	○	
D38	37.75	16	○	0.9712	18	○	15

※「根元部の径」を「一般部の径」で割った値
この値が小さいほど根元部のくびれが大きいことを意味する

6. 最小径と最大根元部減少率の引張試験（試験結果の概要）



- D35については、エリア毎の径の分布には大きな差が見られない(図5-3参照)ことから、エリア全体での傾向を見るため全鉄筋の中で「径の細かい順」、「根元部減少率の大きい順」に上位30位までを並べた表を次頁表6-2に示す。
- 全体の中で「最も径の細かい鉄筋」と「最も根元部減少率が大きい鉄筋」各1本がJIS規格値の「伸び」を満足しない結果となった。
- 「次に径の細かい鉄筋」についてはJIS規格値の「伸び」を満足した。
また、同様に「次に減少率が大きい鉄筋」についてもJIS規格値の「伸び」を満足した。
- 今回、「最も腐食が進んでいる鉄筋」がJIS規格値の「伸び」を満足しなかったが、「次に腐食が進んでいる鉄筋」はJIS規格値の「伸び」を満足していることから、JIS規格値を満足する「最小径」や「最大根元部減少率」が判明した。

6. 最小径と最大根元部減少率の引張試験（試験結果 1 / 3）



- D35の最小径と根元部減少率のエリア全体の順位と「伸び」の試験結果を以下に示す。

表6-2 D35最小径と根元部減少率のエリア全体の順位

径					根元部減少率				
順位	径(mm)	エリア	測定位置	「伸び」の試験結果(%)	順位	根元部減少率	エリア	測定位置	「伸び」の試験結果(%)
1	34.37	D	1節	16	1	0.9615	D	2節	16
2	34.39	B	1節	21	2	0.9697	B	2節	19
3	34.39	C	1節	18	3	0.9722	A	1節	17
4	34.41	B	1節		4	0.9734	A	2節	
5	34.41	E	1節	18	5	0.9734	B	2節	
6	34.42	A	1節	18	6	0.9740	B	1節	
7	34.42	C	1節		7	0.9741	C	2節	17
8	34.42	D	1節		8	0.9749	A	1節	
9	34.42	D	1節		9	0.9756	A	2節	
10	34.43	A	1節		10	0.9761	B	1節	
11	34.45	C	1節		11	0.9762	A	1節	
12	34.45	D	1節		12	0.9763	C	2節	
13	34.46	B	1節		13	0.9766	A	2節	
14	34.47	E	1節		14	0.9766	B	2節	
15	34.48	A	1節		15	0.9767	E	2節	18
16	34.48	B	1節		16	0.9768	C	2節	
17	34.48	C	1節		17	0.9769	A	2節	
18	34.48	D	1節		18	0.9769	D	2節	
19	34.49	B	1節		19	0.9770	A	2節	
20	34.49	C	1節		20	0.9770	B	2節	
21	34.50	C	1節		21	0.9773	A	2節	
22	34.51	B	1節		22	0.9773	B	2節	
23	34.51	C	1節		23	0.9774	D	2節	
24	34.51	E	1節		24	0.9774	C	2節	
25	34.52	C	1節		25	0.9775	C	2節	
26	34.52	E	1節		26	0.9777	A	1節	
27	34.52	B	2節		27	0.9777	B	1節	
28	34.52	B	10cm		28	0.9777	C	1節	
29	34.52	D	2節		29	0.9777	A	2節	
30	34.53	A	10cm		30	0.9777	A	2節	

「伸び」のJIS規格値：17%

■ : 引張試験結果OK

■ : 引張試験結果NG

6. 最小径と最大根元部減少率の引張試験（試験結果 2／3）



- D38の最小径と根元部減少率のエリア全体の順位と「伸び」の試験結果を以下に示す。

表6-3 D38最小径と根元部減少率のエリア全体の順位

径					根元部減少率				
順位	径(mm)	エリア	測定位置	「伸び」の試験結果(%)	順位	根元部減少率	エリア	測定位置	「伸び」の試験結果(%)
1	37.75	中央	2節	16	1	0.9712	中央	1節	18
2	37.80	中央	1節		2	0.9757	中央	2節	
3	37.88	中央	10cm		3	0.9766	中央	1節	
4	37.89	中央	10cm		4	0.9770	中央	2節	
5	37.90	中央	2節		5	0.9780	中央	1節	
6	37.91	中央	2節		6	0.9827	中央	1節	
7	37.91	中央	2節		7	0.9830	中央	2節	
8	37.94	中央	10cm		8	0.9836	中央	2節	
9	37.94	中央	10cm		9	0.9837	中央	2節	
10	37.95	中央	2節		10	0.9838	中央	2節	
11	37.97	中央	1節		11	0.9838	中央	2節	
12	37.98	中央	10cm		12	0.9840	中央	2節	
13	37.98	中央	10cm		13	0.9849	中央	1節	
14	38.01	1	1節		14	0.9849	中央	2節	
15	38.01	中央	2節		15	0.9850	中央	2節	
16	38.01	11	10cm		16	0.9853	中央	2節	
17	38.02	中央	2節		17	0.9854	中央	1節	
18	38.02	中央	2節		18	0.9854	中央	2節	
19	38.03	中央	1節		19	0.9857	中央	1節	
20	38.03	A	10cm		20	0.9857	中央	2節	
21	38.04	1	10cm		21	0.9859	中央	2節	
22	38.04	中央	10cm		22	0.9861	中央	2節	
23	38.05	中央	1節		23	0.9866	中央	2節	
24	38.05	11	10cm		24	0.9868	中央	1節	
25	38.05	11	10cm		25	0.9868	中央	2節	
26	38.05	11	10cm		26	0.9869	中央	2節	
27	38.05	11	10cm		27	0.9870	中央	1節	
28	38.06	中央	1節		28	0.9871	中央	2節	
29	38.06	中央	1節		29	0.9871	中央	2節	
30	38.06	中央	2節		30	0.9873	中央	2節	

「伸び」のJIS規格値: 15%

 : 引張試験結果OK

6. 最小径と最大根元部減少率の引張試験 (試験結果 3/3)



凡例 ●: 引張試験NG(伸び) ●: 引張試験OK ●: 引張試験未実施

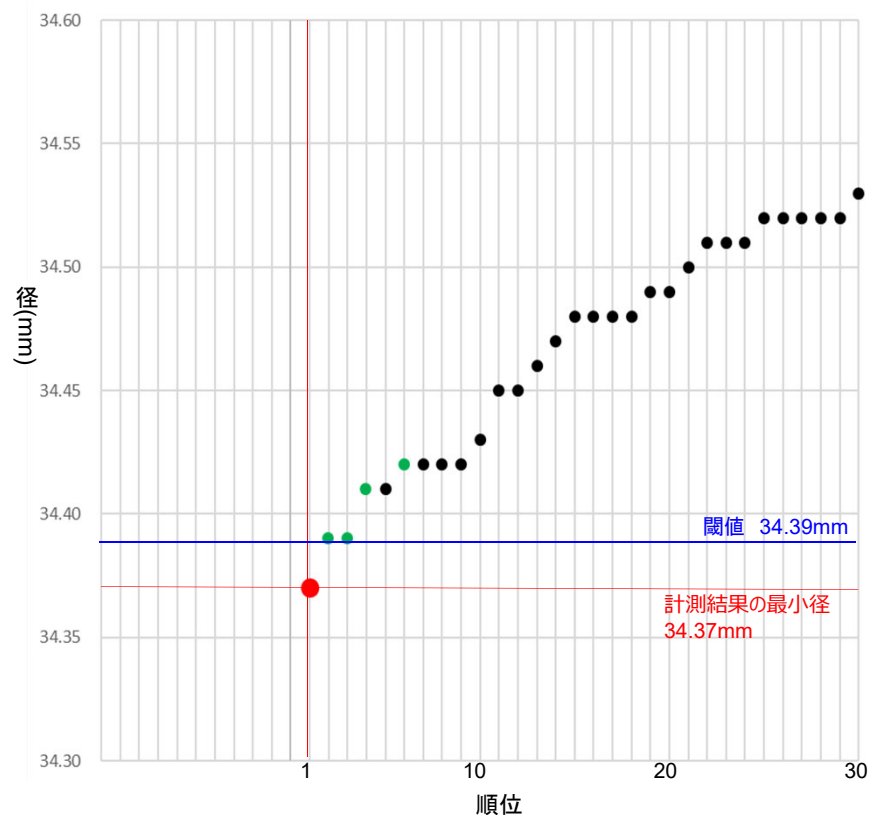


図6-1 径測定結果順位 (D35)

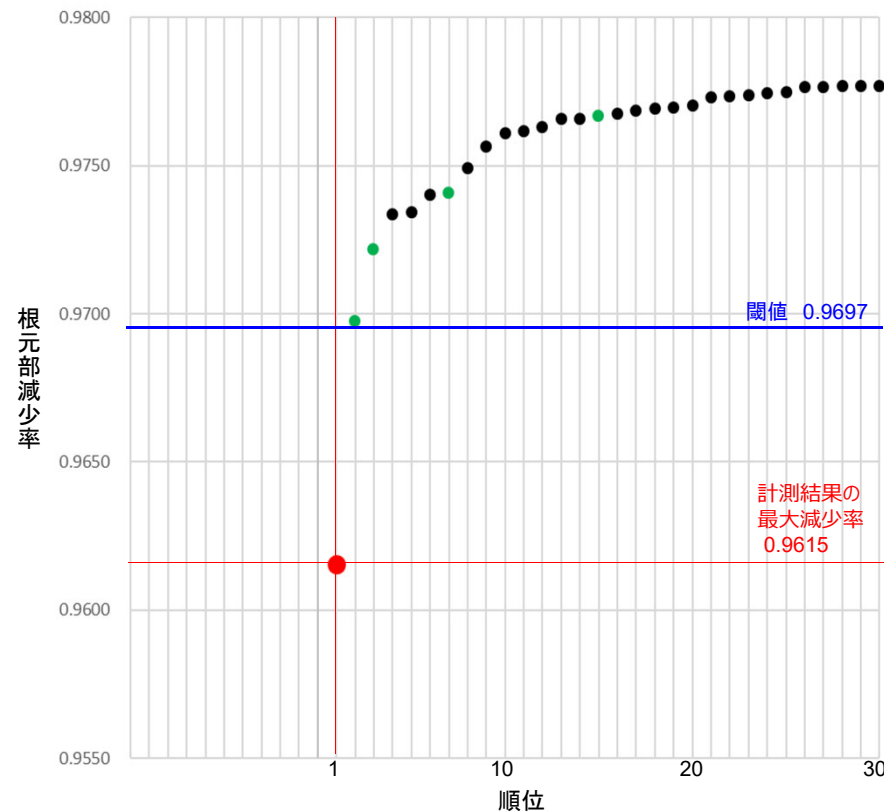


図6-2 径測定結果順位 (D35、根元部減少率)

【図6-1の考察】

最小径の鉄筋はNGであったが、それより径の大きな鉄筋については、JIS規格値を満足していることから、鉄筋径の閾値は次点の径である34.39mmであると評価できる。

【図6-2の考察】

最大根元部減少率の鉄筋はNGであったが、それより根元部減少率の小さい鉄筋については、JIS規格値を満足していることから、根元部減少率の閾値は次点の根元部減少率である0.9697であると評価できる。

6. 最小径と最大根元部減少率の引張試験（まとめ）



■ 引張試験結果のまとめ

- 今回は全体の中で、「細い径の鉄筋」や「根元部減少率大きい鉄筋」に着目して引張試験を実施した。先の「抜取試験その1、2」でランダムにサンプルを抜取った引張試験に比べ、今回は腐食状態が厳しい鉄筋に対しての引張試験であったことから、JIS規格値の「伸び」を満足しない鉄筋を見つけることができた。（JIS規格値の「伸び」を満足しない鉄筋の径や根元部減少率を特定できた）
- D35の10本の引張試験の内、「最も細い径の鉄筋」と「最も根元部減少率大きな鉄筋」の2本がJIS規格値の「伸び」を満足しなかった。
- D35の「細い径の鉄筋」に着目した時、JIS規格値の「伸び」を満足しなかった鉄筋より「径の太い鉄筋」の4本はJIS規格値の「伸び」を満足していることから、鉄筋径の閾値を特定でき、鉄筋径が34.39mm以上の鉄筋は全て健全であると評価する。
- D35の「根元部減少率大きい鉄筋」に着目した時、JIS規格値の「伸び」を満足しなかった鉄筋より「根元部減少率が小さな鉄筋」の4本はJIS規格値の「伸び」を満足していることから、根元部減少率の閾値を特定でき、根元部減少率が0.9697以上の鉄筋は全て健全であると評価する。
- D38は以前に実施した引張試験の伸びの結果がJIS規格値に対して余裕があったことに加え、今回の2本の引張試験結果から、残り全体のD38についてはJIS規格値の「伸び」を満足していると評価し、D38の全ての鉄筋は健全であると評価する。

6. 最小径と最大根元部減少率の引張試験(不確かさの考慮 1/6)



■引張試験結果に測定値の不確かさを考慮した考察

- D35鉄筋について、直径の全数計測結果と、抽出した鉄筋の引張試験結果を基に健全と評価できる鉄筋径の閾値(34.39mm以上)と、根元部減少率の閾値(0.9697以上)を特定した。
- この結果に測定値の不確かさとして直径の計測器の精度($\pm 0.03\text{mm}$)※を考慮した評価を行った。
- なお、引張試験を実施したD35鉄筋10本と、D38鉄筋2本については破壊試験を行っていることから、併せて取替えを行う。

※ 測定機器デジタルノギスの器差

6. 最小径と最大根元部減少率の引張試験(不確かさの考慮 2/6)

■測定値の不確かさを考慮した際の評価

- 引張試験で求められた「径の閾値」や「全ての鉄筋の径」に対して測定値の不確かさとして、径の計測器の精度($\pm 0.03\text{mm}$)を以下のように考慮する。
 - 閾値が厳しくなるように 0.03mm プラスして、測定値の不確かさを考慮した際の閾値を「 34.42mm 」とする。
 - 更に「全ての鉄筋の径」に対して測定値の不確かさを評価の厳しい側に考慮し、全て 0.03mm マイナスさせたことに相当する閾値は 0.03mm プラスした「 34.45mm 」となる。
- 不確かさを考慮した際に閾値を下回る5本の鉄筋についても、引張試験の結果との整合性から考えると、伸びの性能を確保していると思われるが、念のため取替えを行う。

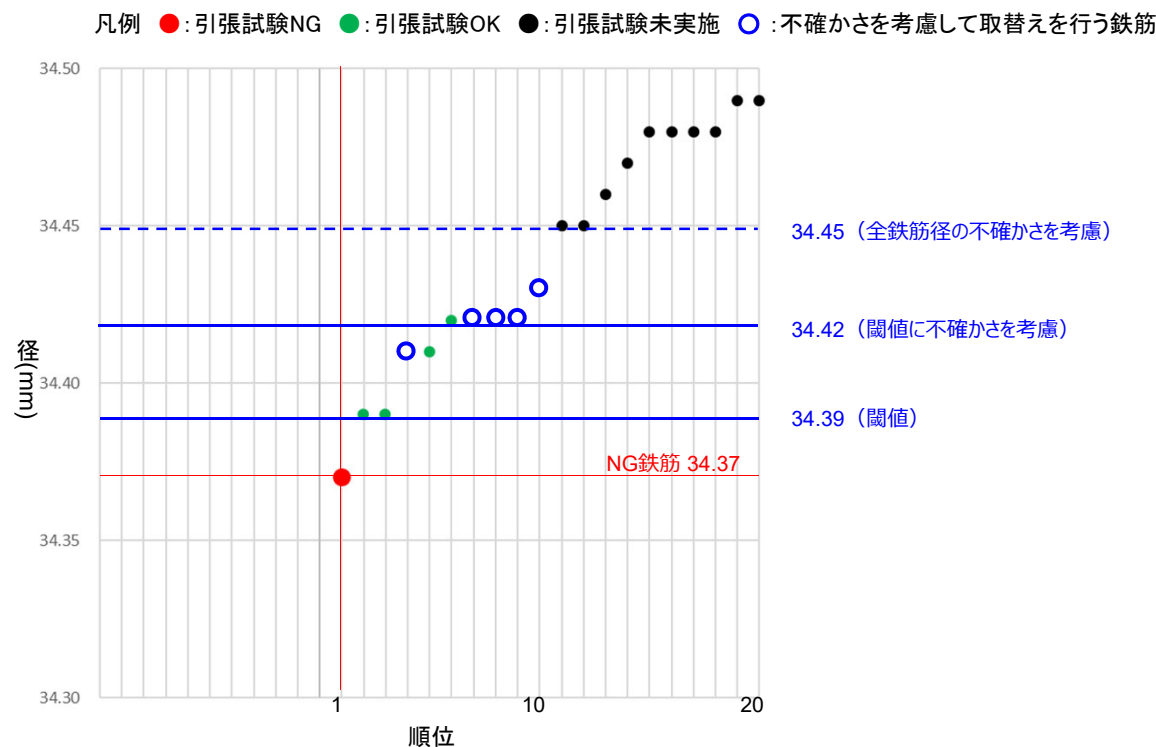


図6-3 径測定結果順位(D35,最小径)

6. 最小径と最大根元部減少率の引張試験(不確かさの考慮 3/6)

D35の径の計測結果において、不確かさを考慮した際に念のため取替えを行う5本の鉄筋を以下に示す。

表6-4 D35最小径のエリア全体の順位

順位	径(mm)	不確かさを考慮(mm)	測定位置	取替え鉄筋
1	34.37	34.37	1節	○
2	34.39	34.36	1節	○
3	34.39	34.36	1節	○
4	34.41	34.38	1節	○
5	34.41	34.38	1節	○
6	34.42	34.39	1節	○
7	34.42	34.39	1節	○
8	34.42	34.39	1節	○
9	34.42	34.39	1節	○
10	34.43	34.40	1節	○
11	34.45	34.42	1節	
12	34.45	34.42	1節	
13	34.46	34.43	1節	
14	34.47	34.44	1節	
15	34.48	34.45	1節	
16	34.48	34.45	1節	
17	34.48	34.45	1節	
18	34.48	34.45	1節	
19	34.49	34.46	1節	
20	34.49	34.46	1節	

- : 引張試験結果NG
- : 引張試験結果OK
- : 不確かさを考慮し念のため取替え

6. 最小径と最大根元部減少率の引張試験(不確かさの考慮 4/6)

- 引張試験で求められた「根元部減少率の閾値」や「全ての鉄筋の根元部減少率」に対して測定値の不確かさと
して、径の計測器の精度(±0.03mm)を以下のように考慮する。
 - ①閾値が厳しくなるように分母の径を0.03mmマイナス、分子の径を0.03mmプラスして「0.9714」を測定値の不
確かさを考慮した閾値とする。
 - ②全ての鉄筋の根元部減少率が厳しくなるように、分母の径を0.03mmプラス、分子の径を0.03mmマイナスし
て根元部減少率を算定する。
- 不確かさを考慮していない場合の根元部減少率と順位を図6-4に、不確かさを考慮した場合の根元部減少
率と順位を図6-5に示す。
- 不確かさを考慮した場合でも、引張試験を実施した合格している鉄筋以外で根元部減少率が不確かさを考慮し
た閾値を下回る鉄筋は無かった。

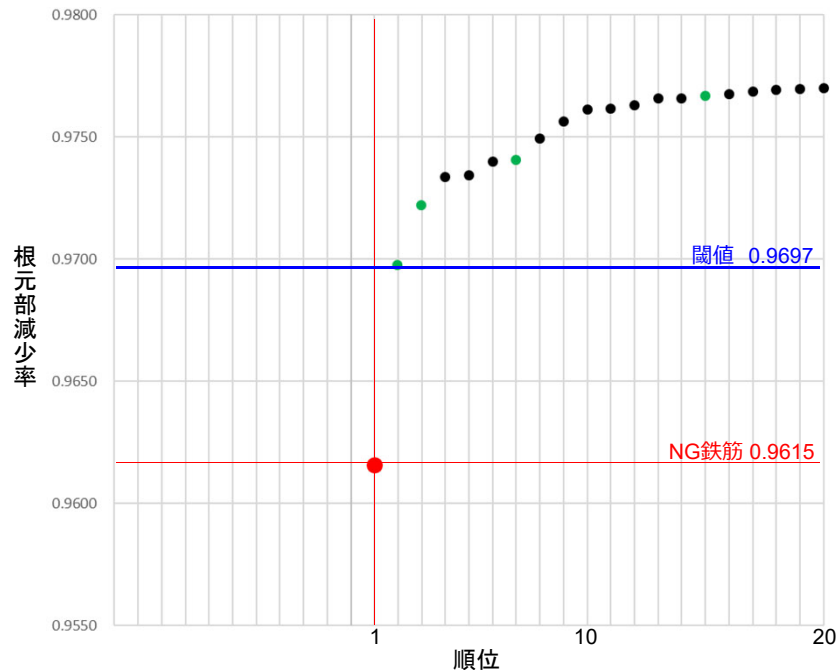


図6-4 径測定結果順位(D35,根元部減少率)

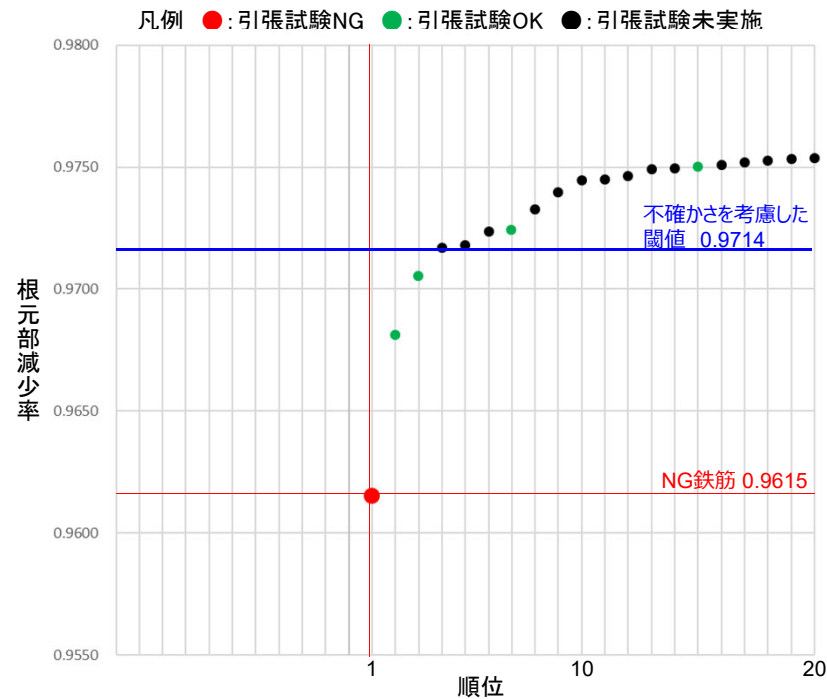


図6-5 径測定結果順位(D35,根元部減少率)
(不確かさ考慮)

■ JIS規格値の「伸び」に対する鉄筋径と根元部減少率の相互作用について

- ① 「鉄筋径」と「根元部減少率」が相互に影響する範囲として、径が35.26mm以下で根元部減少率が0.9842以下の範囲の境界を引張試験がNGとなった2点が接する円弧で次頁に示す。
(境界線①)
- ② また、先の引張試験結果より求められた「鉄筋径」と「根元部減少率」の閾値に接する円弧と「鉄筋径の閾値」と「根元部減少率の閾値」に囲まれた範囲を相互に影響する範囲として次頁に示す。
(相互影響範囲②)
- ③ 「鉄筋径」と「根元部減少率」は伸びの性能低下に影響する原理が異なることから明確な相関関係は無いものと思われるが、ここでは伸びの性能に相互に影響が生ずる範囲を上記②の範囲と仮定して検討を行う。

6. 最小径と最大根元部減少率の引張試験(不確かさの考慮 6/6)

引張試験で伸びを満足していた鉄筋は「相互影響範囲」の外にあった。また、1本の鉄筋を除きその他の鉄筋も「相互影響範囲」の外にある。

なお、「相互影響範囲」内にあった1本の鉄筋は、先に閾値に測定値の不確かさを考慮した際に取替えの対象とした鉄筋である。

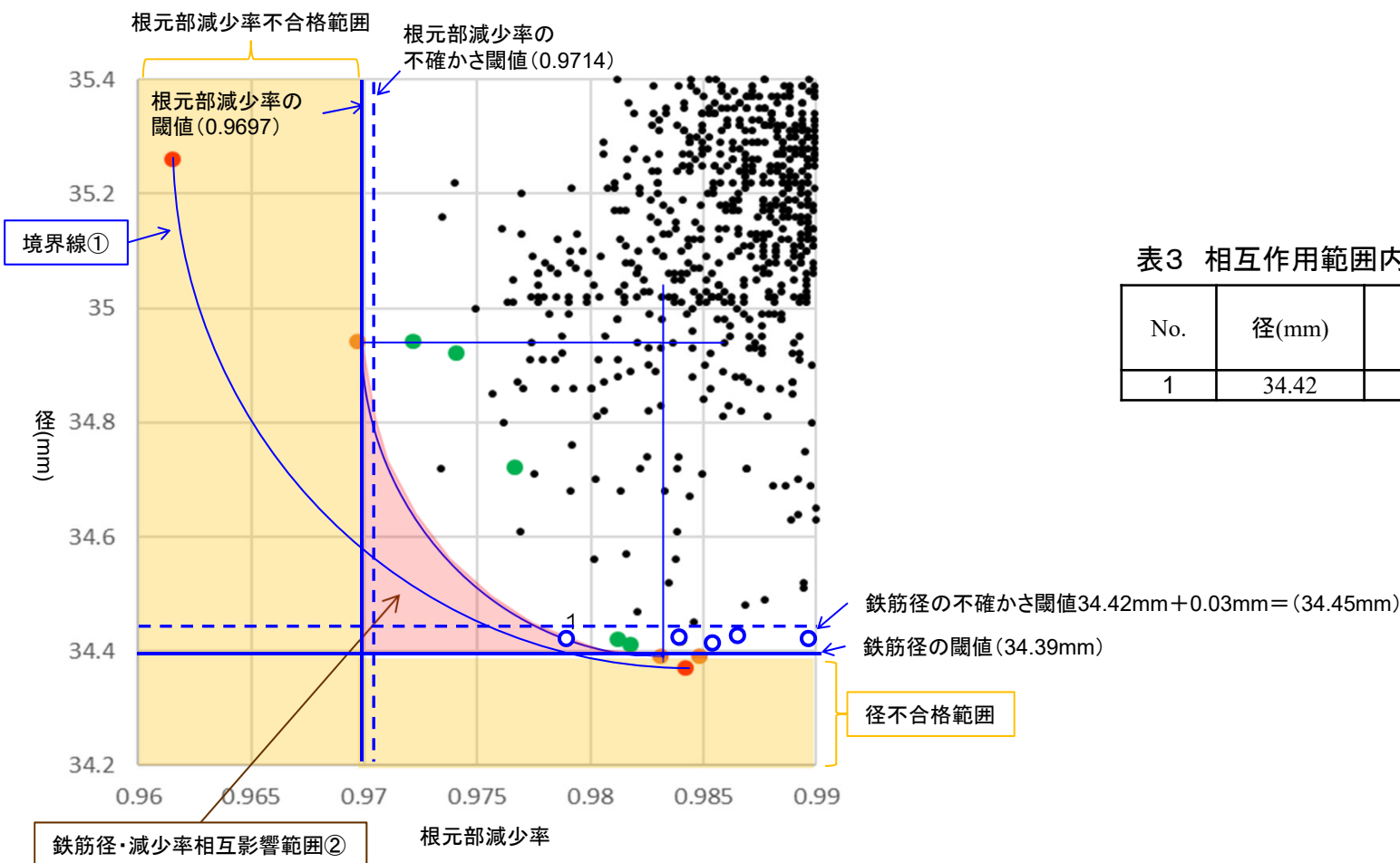


表3 相互作用範囲内の鉄筋

No.	径(mm)	根元部減少率
1	34.42	0.9790

図6-6 鉄筋径と根元部減少率の相互作用

凡例 ●: 引張試験NG ●: 引張試験OK (閾値) ●: 引張試験OK ●: 引張試験未実施 ○: 不確かさを考慮して取替えを行う鉄筋

6. 最小径と最大根元部減少率の引張試験(伸び以外の試験結果) 1 / 3



■降伏点と引張強さ

- D35:10本,D38:2本の「降伏点」と「引張強さ」の試験結果を以下に示す。
- JIS規格値を逸脱するものはなかった。

表6-5 「降伏点」と「引張強さ」の試験結果

			降伏点(N/mm ²)			引張強さ(N/mm ²)			異形棒鋼の種類
			試験結果	判定	JIS規格値※	試験結果	判定	JIS規格値※	
D35	最小径	A	395	○	345 ~ 440	574	○	490	SD345
		B	403	○		589	○		
		C	397	○		574	○		
		D	390	○		565	○		
		E	389	○		562	○		
	根元部減少率	A	399	○		573	○		
		B	389	○		563	○		
		C	391	○		567	○		
		D	382	○		558	○		
		E	384	○		560	○		
D38	最小径		380	○	559	○			
	根元部減少率		397	○	586	○			

※ JIS G3112:2010 鉄筋コンクリート用棒鋼 [表3 機械的性質]

6. 最小径と最大根元部減少率の引張試験(伸び以外の試験結果 2/3)



■ 単位質量と節の高さ

- D35: 10本, D38: 2本の「単位質量」と「節の高さ」の計測結果を以下に示す。
- JIS規格値を逸脱するものはなかった。

表6-6 「単位質量」と「節の高さ」の計測結果

			単位質量(kg/m)			節の高さ(mm)		
			試験結果	判定	JIS質量許容差 下限値(-4%)※1	試験結果	判定	JIS規格値※2
D35	最小径	A	7.32	○	7.21	1.72	○	1.7~3.4
		B	7.38	○		2.37	○	
		C	7.42	○		1.99	○	
		D	7.35	○		1.97	○	
		E	7.48	○		2.05	○	
	根元部減少率	A	7.37	○		1.87	○	
		B	7.35	○		2.27	○	
		C	7.26	○		1.83	○	
		D	7.33	○		1.92	○	
		E	7.34	○		1.74	○	
D38	最小径	8.75	○	8.59	2.34	○	1.9~3.8	
	根元部減少率	8.72	○		2.37	○		

※1: JIS G3112:2010 鉄筋コンクリート用棒鋼 [表4 異形棒鋼の寸法, 単位質量及び節の許容限度, 表8 異形棒鋼1本の質量許容差(D29以上は±4%)]
 D35: 単位質量 $7.51 \times 0.96(-4\%) = 7.21$ 。D38: 単位質量 $8.95 \times 0.96(-4\%) = 8.59$

※2: JIS G3112:2010 鉄筋コンクリート用棒鋼 [表4 異形棒鋼の寸法, 単位質量及び節の許容限度]

6. 最小径と最大根元部減少率の引張試験(伸び以外の試験結果 3/3)

■その他の項目を含めた総括評価

JIS G 3112(鉄筋コンクリート用棒鋼)にて規定されている項目に関する評価を以下の表に示す。

表6-7 D35,D38のJIS規格項目

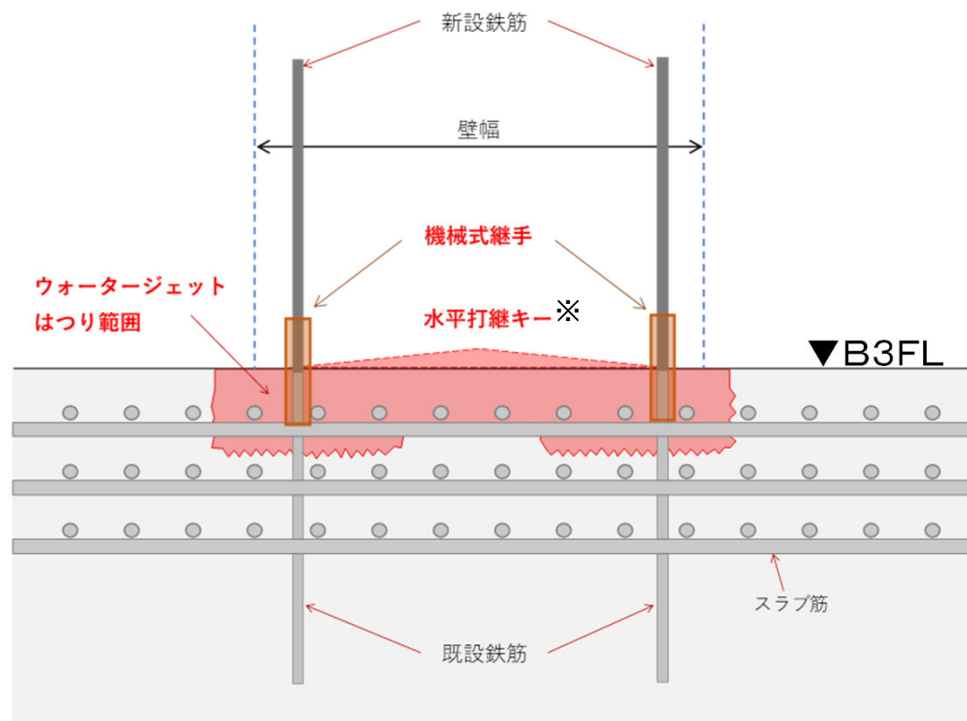
JIS規格項目※		評価
異形棒鋼の種類		SD345であることをミルシートで確認
化学成分		腐食している鉄筋表面が腐食減少しても材料内部の変化はないため、問題ないとする
機械的性質	降伏点または耐力	P44に示す通り規格値を満足している
	引張強さ	P44に示す通り規格値を満足している
	伸び	D35において一部規格値を満足していないものが確認されたので当該鉄筋は取替える。
	曲げ性	評価対象である差し筋には曲げ加工を行うものはないため、評価不要とする
形状・寸法・質量	単位質量	P45に示す通り質量許容差下限値(-4%)を満足している
	節の高さ	P45に示す通り規格値を満足している
	節の平均間隔の最大値	腐食により鉄筋の軸方向の節の位置は変わらないため、問題ないとする
	節のすき間の合計の最大値	
	節と軸線との角度	
外観		抜取った鉄筋の目視において「使用上有害なきず」はないため、問題ないとする

※ JIS G3112:2010 鉄筋コンクリート用棒鋼

7. 取替工事 (はつり部がぜい弱にならない復旧手順 1/3)



■ はつり部がぜい弱にならない復旧手順と検査項目を以下に示す。



- ① 差し筋根元部周辺のコンクリートはつり
(機械式継手を取付できる範囲まで)
- ② 取替対象鉄筋を床スラブ面で切断
- ③ 新設鉄筋の接続 } 【材料検査】、
(機械式継手) } 【構造検査】
- ④ コンクリートはつり部に
コンクリート充填
(壁との接続部に水平
打継キー※を設ける) } 【構造検査】、
【強度検査】

※ 水平打継キーとは、構造耐力の低下防止として、壁縦筋内面の打継部のコンクリート面を盛り上げる形状をいう。

詳細な施工手順は次頁に示す。

7. 取替工事 (はつり部がぜい弱にならない復旧手順 2/3)



■ はつり取った部分がぜい弱とならないために、以下の手順に従い復旧する。

- ウォータージェットによりはつり取った基礎スラブ(はつり深さ約150mm~250mm程度)については、既存の基礎スラブと同じ設計基準強度($F_c=30\text{N/mm}^2$)のコンクリートにより、はつる前の状態まで復旧する。充填部の施工は以下の手順で行う。
 - 1) 既存の基礎スラブの鉄筋がウォータージェットにより削られないようウォータージェットの圧力管理を行い施工するとともに、コンクリート打設前に有害な傷等がないことを目視確認する。
 - 2) エアーにより、はつり部の清掃を行い、はつりカスを除去する。
 - 3) 機械式継手の施工に際しては、カプラーへの鉄筋挿入長さ確認のための鉄筋マーキングがカプラー端部にかかっていること。および接合用グラウト材が排出口からあふれ出していることで充填状況を確認する。
 - 4) 既存の基礎スラブの鉄筋と既存のコンクリート躯体の隙間に、コンクリートが確実に充填されるよう、締固め用の棒で突き固めながらコンクリートを打設する。

差し筋取替部の応力伝達については、P52参照

※下線部は重点監理項目

7. 取替工事 (はつり部がぜい弱にならない復旧手順 3/3)



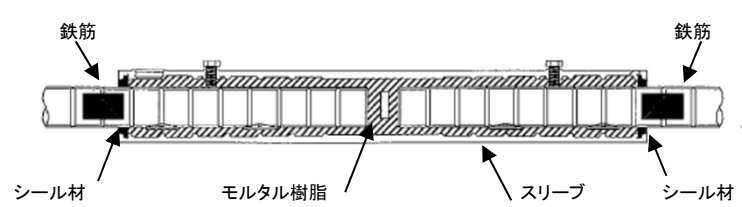
■前頁の復旧に際しては、以下の方法に基づき監理する。

- はつり取った部分を復旧するコンクリート工事の監理は、当社の建築工事管理細則（鉄筋，型枠，鉄筋コンクリート工事）の品質管理工程表に従う。
- また、はつり取った部分を復旧するコンクリート工事の検査については、既認可で制定された鉄筋コンクリート工事に関する使用前検査実施要領書の内容を基に、新たに使用前事業者検査実施要領書を策定し検査を実施する。

7. 取替工事 (機械式継手接続の妥当性)

■新しい鉄筋を機械式継手により接続する方法の妥当性について

- ・鉄筋と鉄筋を機械式継手により接続する方法は、一般的な建物でも採用される継手工法であり、本建物の他の部位でも使用する。日本建築センターの評定品であり、コンクリート境界面に使って問題無い条件であることを確認している。
- ・建築基準法から、継手の性能判定基準が定められ、本建物について既に建築確認を取得済。構造設計ルートから使用できる機械式継手の等級、使用箇所が決まる。
- ・継手の内容はJASS5N 建築工事標準仕様書、並びに特記となる設計図書に定められており、これらを使用前検査実施要領書に反映し、本建物の他の部位について既に使用前検査を実施した実績がある。
- ・今回の差し筋取替工事における機械式継手による鉄筋接続方法は、上記の適用条件に沿ったものであり、妥当である。



鉄筋の最小挿入長さ (mm)

スリーブサイズ	標準使用鉄筋	最小挿入長さ
#4	D13	70
#5	D16	85
#6	D19	110
#7	D22	125
#8	D25	130
#9	D29	150
#10	D32	170
#11	D35	195
#12	D38	215
#13/14	D41	240
#16	D51	300

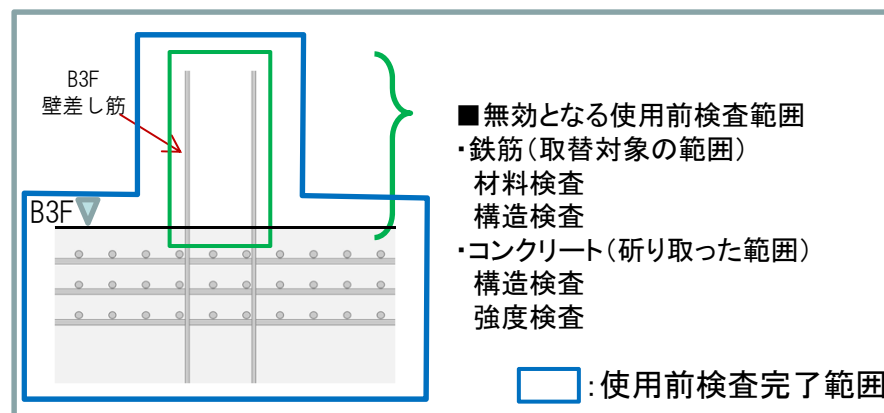
図7-1 機械式継手の例(評定書より)

7. 取替工事 (実施済みの使用前検査のうち無効となる内容)



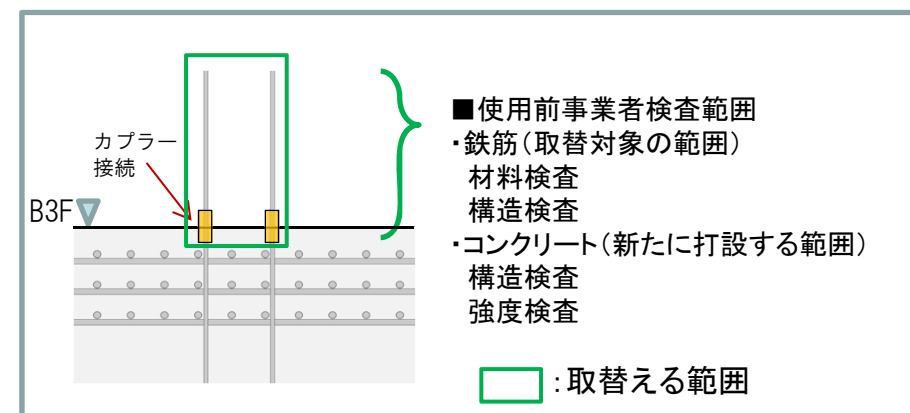
■ 差し筋の取替工事に伴い、既に実施済みの使用前検査のうち、無効となる内容について

- 図7-2に示した使用前検査の受検範囲のうち、差し筋の取替工事に伴い撤去するB3F鉄筋のうち取替工事対象の鉄筋及び基礎スラブのうち、はつり取ったコンクリートに対して実施した使用前検査は無効となり、埋設部の鉄筋とコンクリートに対して実施した使用前検査は有効であると考えている。(完成しているコンクリートと配筋は全て受検済み)
- また、差し筋の取替工事範囲については、その工事内容を使用前事業者検査で確認する。(図7-3参照)



現状

図7-2 使用前検査範囲



取替完了後

図7-3 使用前事業者検査範囲

7. 取替工事 (差し筋取替部の応力伝達)

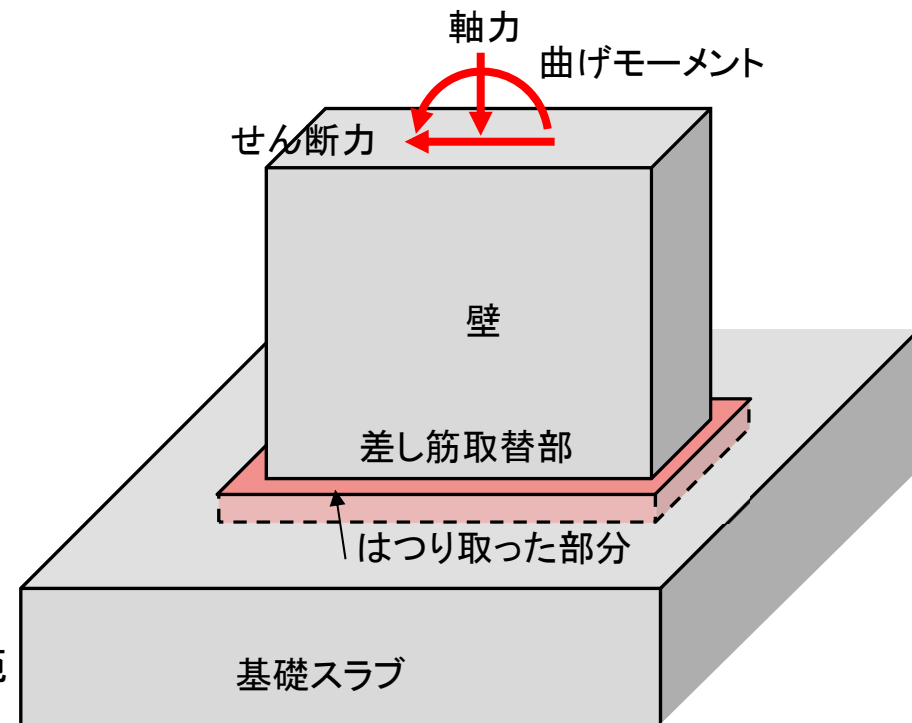
■ はつり取った後の補修により、当該部分がぜい弱にならない構造的な評価を以下に示す。

差し筋の取替作業を実施する「差し筋取替部」には、壁に作用する面内力(軸力, 曲げモーメントおよびせん断力: 右図参照)を、確実に基礎スラブに伝達させる役割が求められる。

差し筋取替部には、軸力と曲げモーメントにより圧縮力と引張力が、せん断力によりせん断応力が生じる。

圧縮力とせん断力はコンクリートにより、引張力は鉄筋によりそれぞれ基礎スラブに伝達される。したがって、差し筋取替部には、既存の基礎スラブと同じ設計基準強度を有するコンクリートを密実に打設する必要がある。

上記伝達機構を鑑み、差し筋取替部分に要求される性能として、「基礎スラブと同程度以上の圧縮強度を有するコンクリート」が必要なため、確実に施工・監理を実施していく。



8. 腐食の原理 (1/4)



■ 鉄筋根元部の腐食要因の推定

- 根元部で腐食が進行した要因は以下のように推定される。
- 地下3階床の差し筋は、根元部が雨水により湿潤状態になることが多かったため、以下のマクロ電池構造が形成され、「マクロセル腐食」と呼ばれる現象が起こった結果、腐食したと考えられる。

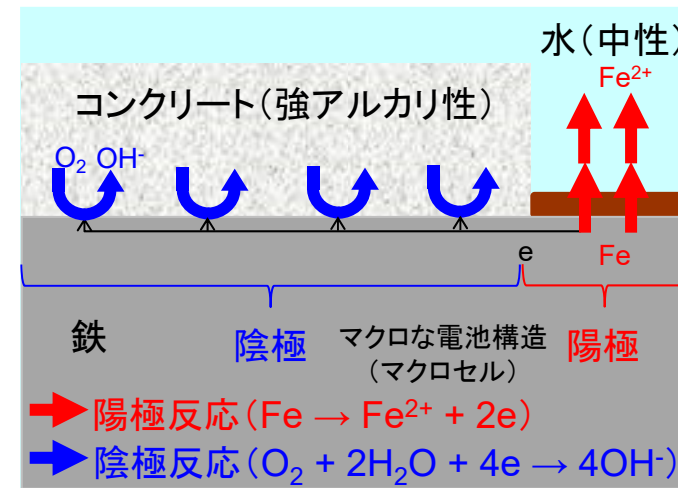
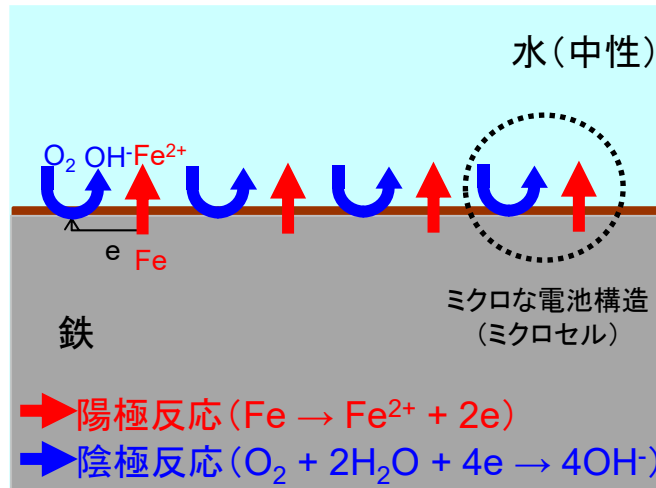
鉄筋埋設部： カソード(陰極)

鉄筋露出部： アノード(陽極)

- 鉄筋根元部が常時乾燥した状態であれば、マクロ電池の作用が届きにくく、腐食は軽微であったと思われる。D38の根元部の腐食が一般部に比べ進展している傾向が見られなかったのは、D38が主に配置されている外周壁の打継部の差し筋は床面ではなく立上り壁の上部にあり、水はけがよかったのでマクロ電池構造が顕著に発生しなかったためと考えられる。

8. 腐食の原理 (2/4)

■マクロセル腐食について

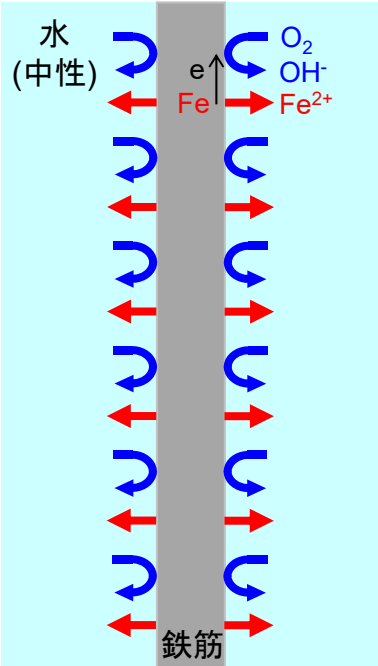
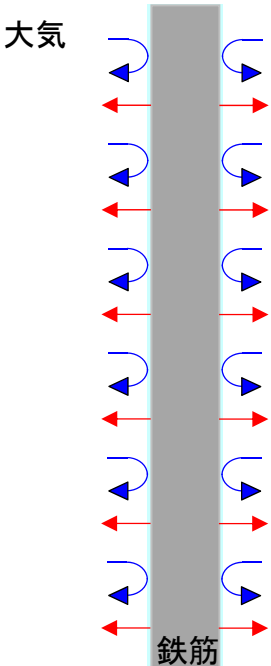
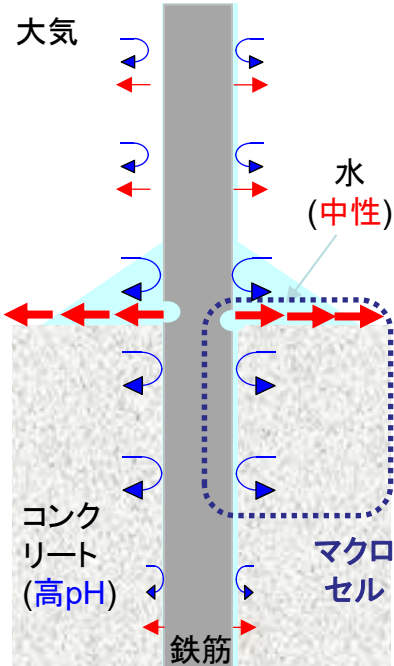


- 左上図のように鉄が水中(中性)にあると、鉄の表面に陽極と陰極の無数のミクロな電池構造が形成される。
- 右上図のように鉄の表面に接する環境が局所的に異なる場合、陽極と陰極がマクロに分離する場合がある。
- このとき、陰極の面積に対して陽極の面積が小さい場合、陽極反応が局所に集中する結果として腐食速度が大きくなる。
- このように、マクロに分離した電池構造に起因して局所的に腐食が促進される現象を「マクロセル腐食」と呼ぶ。
- コンクリート中の細孔溶液のpHは強アルカリ性のため、一部がコンクリートに埋設された鉄筋がpH中性の水中や大気中に露出していると、右上図のように露出した鉄筋部位の腐食が促進される。
- 腐食の詳細要因を次頁に示す。

8. 腐食の原理 (3/4)

■ 鉄筋根元部の腐食の要因について

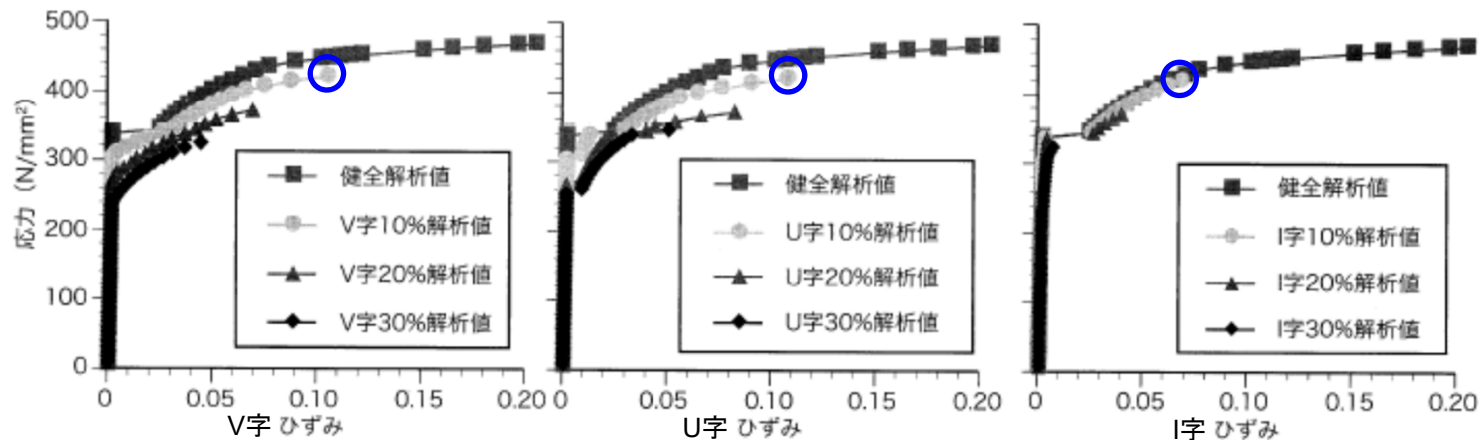
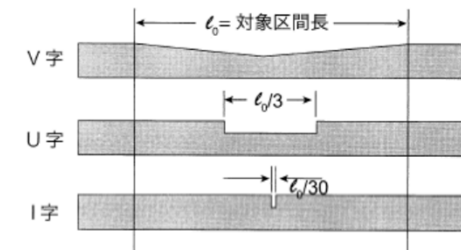
- 鉄筋根元部で腐食が進行した要因は、コンクリート埋設部に最も近い鉄筋露出部に陽極反応が集中した結果、腐食速度が加速されたと推定される。

水中の鉄筋腐食	大気中の鉄筋腐食	今回の事象(推定)
		
<p>中性の水中では陽極反応と陰極反応からなる無数のミクロナ電池構造が形成され、鉄は全面が均一に腐食する(全面腐食)。</p>	<p>湿潤大気中でも、材料表面の薄い水膜中で同様のマイクロ電池が形成され、鉄は全面腐食する。</p> <p>ただし、水分が少ない場合は腐食速度は水中より低下する。</p>	<p>鉄筋の一部が高pHのコンクリート中に埋設し、かつ地際に水たまりなどの水分(中性)がある場合、pH差異により陽極反応と陰極反応が露出部/埋設部の境界で分離する。(マクロセルの形成)</p>

8. 腐食の原理 (4/4)

■ 部分的な断面減少が発生した場合の伸びへの影響

- 一般部の鉄筋径に比べて根元部の鉄筋径が比較的小さい場合、鉄筋の根元部に応力集中が発生し、最大荷重点まで鉄筋が軸方向に一様に伸びる過程で伸びが根元部に集中し、伸びの低下に繋がったと考えられる。文献※においても、幅広い範囲の断面欠損(V字型、U字型)よりも部分的な断面欠損(I字型)が生じている試験体の方が伸びが小さいことが示されている(図8-1参照)。
- 伸びが低下する詳細な原理についてはP76参照。



凡例 ○ : 断面欠損10%の破断位置

図8-1 鉄筋の断面欠損の形状が応力-ひずみ関係に与える影響(※より引用)

※ 小林孝一, 松岡慎一郎: 塩害による腐食が鉄筋の力学的性状に与える影響, コンクリート工学論文集, Vol19, No.3, 31-39, 2008

9. 腐食の進展に対する評価

■ 全数計測からコンクリート打設までの時間経過による評価

- 追加引張試験を実施したD35とD38における、径減少量を基に今後の減少量を推定し、仮養生を実施しない鉄筋が今後腐食した場合と、最小鉄筋径との関係を確認する。
- 地下3階差し筋は、屋外露出していた2013年から2017年の4年間で腐食が進展したと考えている。各径毎の1ヶ月当たりの減少量を表9に示す。
- D35,D38壁のコンクリート打設は、最も遅い工区で今から6ヶ月後となるが、仮に6ヶ月後まで同じ減少量で腐食が進展したとしても、最小径の鉄筋を下回ることはない。
- なお、仮養生は、D35:34.60mm以下,D38:38.00mm以下の鉄筋の根元部をモルタル養生を実施している。
- (参考)一般的な腐食量は、0.013mm/年^{※1}~0.09mm/年^{※2}(0.0011mm/月~0.0075mm/月)

※1 H.Hユーリック:腐食反応とその制御、産業図書、pp.152-159、1974 内容:各種環境で金属の腐食速度測定 2.9mdd(=0.013mm/year)

※2 日本金属学会:金属便覧、丸善、pp.865-866、1990 内容:自然環境における鋼の腐食速度、臨海地帯、全国平均、試験期間9年、0.09mm/year)

表9 鉄筋径の減少量と公称径の下限値

	A. 減少量	B. コンクリート打設までの想定腐食量 (A×6ヶ月)	C. 仮養生を実施する鉄筋径	D. 腐食進展を考慮した6ヶ月後の想定径 (C-B)	E. 全数測定結果の最小鉄筋径
D35	0.011mm/月 ^{※3}	0.066mm	34.60mm	34.53mm >	34.39mm
D38	0.011mm/月 ^{※4}	0.066mm	38.00mm	37.93mm >	37.75mm

※3 追加引張試験を実施したD35のNG鉄筋の腐食量0.46mmを0.5mmに切り上げて、屋外露出されていた4年間(48ヶ月)で除した値

※4 追加引張試験を実施したD38の腐食量は0.25mmとなるが、D35と同じ0.5mmとして、屋外露出されていた4年間(48ヶ月)で除した値

10. 今後の工事の取り扱い (1/2)



■ 認可工事としての取扱いについて

- ・ D32以下の鉄筋に対する今回の取替工事は、機能や材料の変更を行うものではなく、既認可の設工認に記載のある「工事の方法」※から逸脱するものではない。
- ・ 「新たな検査制度(原子力規制検査)の実施に係る法令類の規定の運用について(実用発電用原子炉施設関係以外)(案)令和2年2月5日 原子力規制庁」によると、新検査制度の施行日前に設計及び工事の方法の認可を受けている工事は、旧法に基づく使用前検査を行うこととされているが、当該建物については、施工済みの基礎マットなどの変更の無い部分も含め、新規基準に適合するための設工認申請(変更申請)を今後行うこと、また、施行の際現に設計及び工事の方法の認可を受けることなく行われている工事についても、制度の円滑な移行のため、当該認可前においても使用前事業者検査を行うことができるという運用に準じて、自主的な使用前事業者検査を行うこととする。
- ・ D35,D38の鉄筋材料を用いるB3階壁(下部)工事についても、既認可の設工認に記載のある「工事の方法」※から逸脱するものではなく、鉄筋の健全性を確認した後、鉄筋の組立、コンクリート打設を行う。

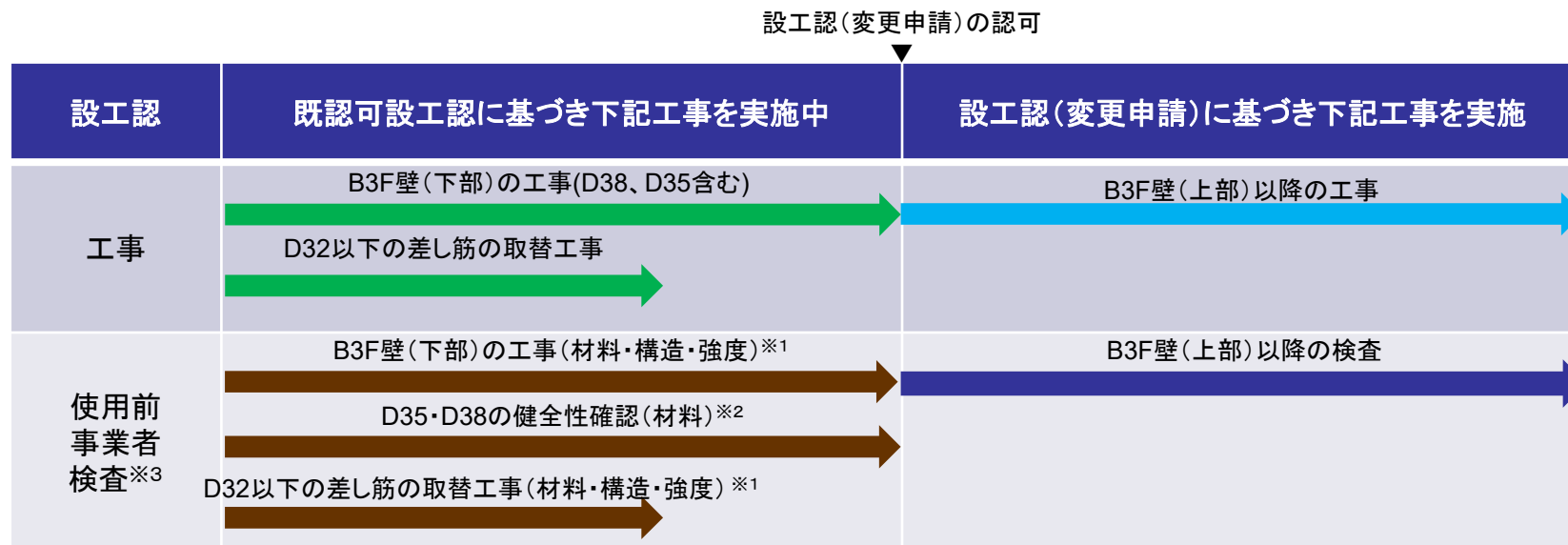
※「工事の方法」(鉄筋部分)

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">b. 材料検査<ul style="list-style-type: none">(a) 鉄筋材料検査
材料検査証明書により規格に適合していることを確認する。c. 構造検査<ul style="list-style-type: none">(a) 鉄筋の組立検査
鉄筋量, かぶり厚さ, 定着, 継手を確認する。 |
|---|

10. 今後の工事の取り扱い (2/2)



■ B3F壁の工事・検査における設工認認可との関係



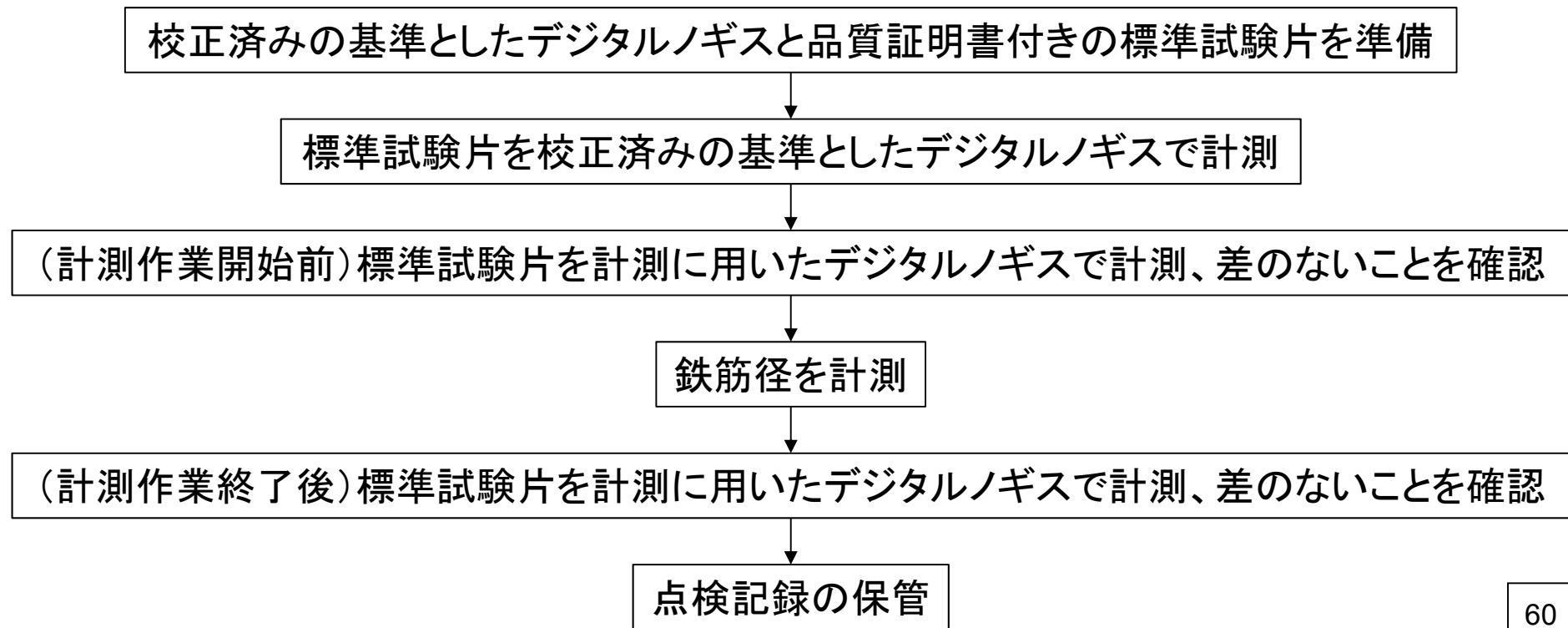
※1 材料検査:鉄筋,カプラー,コンクリート, 構造検査:鉄筋の組立検査,コンクリートの打ち上がり検査, 強度検査:コンクリート強度検査

※2 材料検査:鉄筋(鉄筋径)

※3 施工済み躯体(基盤・基礎・B3F壁(下部))の使用前事業者検査は記録確認とする

■ 鉄筋径の全数計測のフローについて

- 校正済みの基準としたデジタルノギス1台を比較用として、品質証明書付きの標準試験片を介して計測に用いたデジタルノギス5台を使用前に点検および器差を確認した後、鉄筋径の計測を行った。また、使用後も使用前と同様に点検および器差を確認した。
- 器差については、JV職員が鉄筋径の計測日毎に、標準試験片の寸法既知の部位(15mm・65mm)を用いて、校正済みの基準としたデジタルノギスの測定値と差のないことを確認している。



■使用した計測器のトレーサビリティについて

【基準としたデジタルノギス】

- 基準としたデジタルノギス(1台)の校正証明書を(3~4/15)ページに示す。
- 当該校正については、デジタルノギスのメーカーにて、購入時に実施されたものであり、器差は $\pm 0.03\text{mm}$ の範囲であることを確認している。

【標準試験片】

- 標準試験片の品質証明書を(5~9/15)ページに示す。
- 鉄筋径の計測時点において、ブロックゲージの代替として、校正済みの基準としたデジタルノギスの測定値と差のないことを確認するために用いた寸法既知の部位(15mm・65mm)については、国家標準にトレーサブルな三次元測定機にて計測されており、器差は $\pm 0.02\text{mm}$ の範囲であることを確認している。

【計測に用いたデジタルノギス】

- 計測に用いたデジタルノギス(5台)の校正証明書を(10~15/15)ページに示す。
- 当該校正については、デジタルノギスのメーカーにて、鉄筋径の計測後に実施されたものであり、5台全て、先に校正を実施していた基準としたデジタルノギスと同様、器差は $\pm 0.03\text{mm}$ の範囲であることを確認している。

11. 鉄筋径の全数計測のフローと使用した計測器のトレーサビリティ(3/15)



• 基準としたデジタルノギスの校正証明書(1/2)

証明書番号 20V3718
総数2頁のうち1頁

JCSS
JCSS 0092

校正証明書

依頼者 名称 [REDACTED]
住所 [REDACTED]

品 名 ノギス

測定範囲 100 mm

器物番号 100H1820075046

製造者名 シンワ測定株式会社

校正項目 指示誤差

校正方法 当社「ノギス校正手順書」による

校正に使用した標準器 キャリパチェッカ (No.330128) //

校正実施場所 シンワ測定株式会社 薬工場 校正室
新潟県燕市小池3485番地

環境条件 温度 22℃±2℃

校正年月日 2020年11月4日

校正結果は、次頁に示すとおりであることを証明します。

2020年11月5日
[REDACTED]
新潟県燕市小池3485番地
シンワ測定株式会社
[REDACTED]

・この証明書は、計量法第144条第1項に基づくものであり、特定標準器(国家標準)にトレーサブルな標準器により校正した結果を示すものです。認定シンボルは、校正した結果の国家標準へのトレーサビリティの証拠です。発行機関の書面による承認なしにこの証明書の一部のみを複製して用いることは禁じられています。
 ・当社はISO/IEC17025:2017(JIS Q 17025:2018)に適合しています。
 ・この証明書は、ILAC(国際試験所認定協力機構)及びAPAC(アジア太平洋認定協力機構)のMRA(相互承認)に加盟しているIAJapanに認定された校正機関によって発行されています。この校正結果はILAC/APACのMRAを通じて、国際的に受け入れ可能です。

証明書番号 20V3718
総数2頁のうち2頁

JCSS
JCSS 0092

校正証明書

1. 校正結果

測定範囲	目量又は最小表示量	各測定長の 指示誤差 (mm)			備考
		20mm	50mm	100mm	
0~100 mm	0.01 mm				
外側 測定		0.00	-0.01	0.00	デジタル式
内側 測定		0.00	-0.01	-0.01	

2. 校正の不確かさ

拡張不確かさ (k=2) 0.03 mm

校正の不確かさは包含係数k=2とした拡張不確かさであり、約95%の信頼の水準をもつと推定される区間を与える。

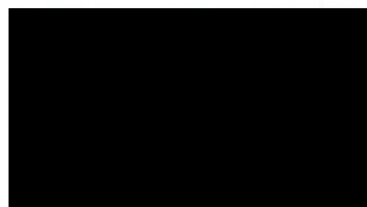
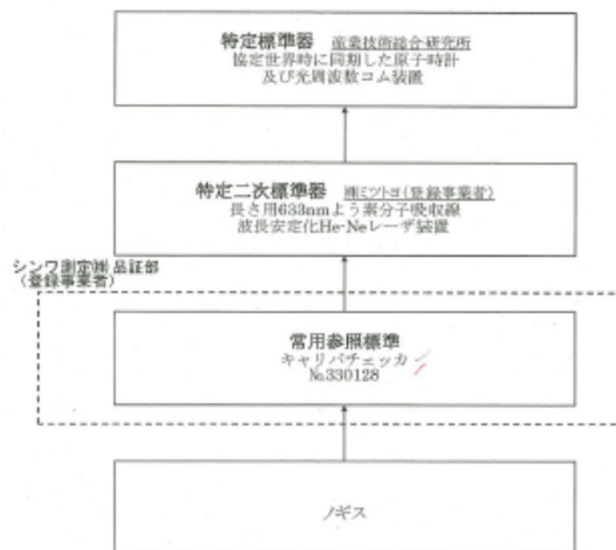
備考: ①指示誤差は、測定器が示す値から標準器が示す値を引いた値である。

以上

■ は個人情報保護等の観点から公開できません

- 基準としたデジタルノギスの校正証明書(2/2)

ノギスのトレーサビリティ体系図



2020年11月5日

STS-V01

シンワ測定 [Redacted] 品証部

11. 鉄筋径の全数計測のフローと使用した計測器のトレーサビリティ(5/15)



標準試験片の品質証明書(1/5)

発行番号 UT19-105QX
発行年月日 2020年1月28日

一般社団法人 日本非破壊検査協会
〒136-0071
東京都江東区亀戸
立花アネックスビル
TEL03-5609-4012 FAX03-5609-4061

超音波探傷試験用標準試験片品質証明書

試験片名	STB-A32
試験片番号	0267
検査合格日	2020年 1月14日

上記試験片は、当協会の作業標準に従い管理された測定器により、測定を実施したことを証明致します。

主要測定器

名称	型式・(メーカー)	製造番号
超音波探傷器	UI-27 (菱電湘南エレクトロニクス(株))	U111C27016
三次元測定機	Crysta-Plus M574 ((株) ミットヨ)	0317606-30M
表面粗さ測定機 ^{※1}	SJ-400 ((株) ミットヨ)	330140

※1: 粗さ標準片 (作業標準, 詳細は下記) を用いて校正。
粗さ標準片: コード No. 178-601, 製造番号 318611902, 株式会社ミットヨ製

校正証明書 Calibration Certificate

番号 SK-18-376
Number SK-18-376
発行 2018年10月19日
Issue 19-Oct-2018

一般社団法人 日本非破壊検査協会 殿

品名	デジタル超音波探傷器
Model Name	Digital Ultrasonic Test Instrument
型名	UI-27
Model Number	UI-27
製造番号	U111C27016
Serial Number	U111C27016
製造年月	2012年3月
Manufacturing years	2012-3
校正年月日	2018年10月19日
Calibration Date	19-Oct-2018
適用規格	JIS Z 2351:2011 / JIS Z 2352:2010
Test standards	JIS Z 2351:2011 / JIS Z 2352:2010

この証明書は、国家標準からトレーサ可能な標準機器で校正した計測機器を使用していることを証明する。
超音波探傷器は校正された計測機器を使用して校正したことを証明します。
This certificate proves that are using a measuring instrument which was calibrated with traceable standard equipment from the national standard.
Ultrasonic Test Instrument proves that it has a calibrated using a measuring instrument that has been calibrated.

尚、この検査に使用された測定器及び標準試験片は、国際規格 ISO 9001:2015 即ち日本工業規格 JIS Q 9001:2015 に基づき、当社が品質マニュアル (QCM-0015) から管理してあります。

Measuring instrument and the standard test piece that was used in this test has been managed in accordance with the Company Quality Manual (QCM-0015).
Manual is based on the international standard ISO 9001:2015 or the Japanese Industrial Standard JIS Q 9001:2015.

1. 使用測定器 (当社使用測定器の品名は一般的な名称で記載してあります。)

品名	型式	メーカー	シリアル番号	備考
Name of articles	Product Type	Maker	Serial number	Note
マルチメータ	VOAC-7413	岩崎電気株式会社	0237418	
MULTIMETER	VOAC7413	WATSU ELECTRIC CO.LTD	0237418	
デジタルオシロスコープ	DS-4282	岩崎電気株式会社	00060	
DIGITAL OSCILLOSCOPE	DS-4282	WATSU ELECTRIC CO.LTD	00060	
スペクトルアナライザ	RS132	岩崎電気株式会社	110501488	
SPECTRUM ANALYZER	RS132	ROVATEL CORPORATION	110501488	
ユニバーサルカウンタ	SC-7201	岩崎電気株式会社	32277859	
UNIVERSAL COUNTER	SC-7201	WATSU ELECTRIC CO.LTD	32277859	
アテネータ	MN510C	アンプク株式会社	MS4383	
RESISTANCE ATTENUATOR	MN510C	ANPITSU CORP.	MS4383	
パルス発生器	8116A	ヒューレット・パッカード	2901611147	
PULSE FUNCTION GENERATOR	8116A	HEWLETT-PACKARD	2901611147	
DC-ammeter	Z011	横河電機株式会社	072955	
DC-ammeter	Z011	YOKOGAWA ELECTRIC	072955	
マイクロプロセッサ	33250A	アジレント・テクノロジー	5040007141	
Micro processor/Arbitary Waveform Generator	33250A	Agilent Technologies	5040007141	
プログラマブルアテネータ	MPA-401B	株式会社 多摩川電機	1456077E	
PROGRAMMABLE ATTENUATOR	MPA-401B	TAWAWA ELECTRONICS CO.LTD	1456077E	
ノギス	N30	株式会社 ミットヨ	51099803	
CALIPER	N30	Mitoyo Corporation	51099803	
ノギス	N20	株式会社 ミットヨ	H08243	
CALIPER	N20	Mitoyo Corporation	H08243	

2. 使用試験片 (標準試験片及び対比試験片)

試験片名称	試験片番号	備考
calibration block name	calibration block number	Type
STB-N1	NO. 2859	標準試験片
STB-N1 (standard test block)	NO. 2859	calibration block
STB-G-V5	NO. 5236	標準試験片
STB-G-V5 (standard test block)	NO. 5236	calibration block
STB-R-V5	NO. 5236	標準試験片
STB-R-V5 (standard test block)	NO. 5236	calibration block
STB-A1	NO. 8100	標準試験片
STB-A1 (standard test block)	NO. 8100	calibration block
STB-A2	NO. 5741	標準試験片
STB-A2 (standard test block)	NO. 5741	calibration block
STB-E-V1E-5.6	NO. 255	標準試験片
STB-E-V1E-5.6 (standard test block)	NO. 255	calibration block
STB-G-V1E-1	NO. 5111	標準試験片
STB-G-V1E-1 (standard test block)	NO. 5111	calibration block
STB-G-V1E-1	NO. 5111	標準試験片
STB-G-V1E-1 (standard test block)	NO. 5111	calibration block

RSC 菱電湘南エレクトロニクス(株) 会社

RYODEN SHONAN ELECTRONICS CORPORATION

11. 鉄筋径の全数計測のフローと使用した計測器のトレーサビリティ(6/15)



標準試験片の品質証明書(2/5)

STB-A32 017RA 0267S
2020年1月28日

超音波探傷試験用標準試験片 寸法測定成績書

一般社団法人 日本非破壊検査協会
会 隆

下記超音波探傷試験用標準試験片は、JIS Z 2345-4:2018に規定された寸法諸元について測定した結果、合格したことを証明する。

【 記 】

- 1.試験片の記号 STB-A32
- 2.測定試験の種類 ○新規 再測定
- 3.製造番号 0267
- 4.合格日 2020年1月14日

相談窓口:当試験片についてのお問い合わせは下記までお願いいたします。

一般社団法人 日本非破壊検査協会 業務課試験片係
〒136-0071 東京都江東区亀戸2-25-14 立花アネックスビル10階
TEL.03-5609-4012 FAX.03-5609-4061

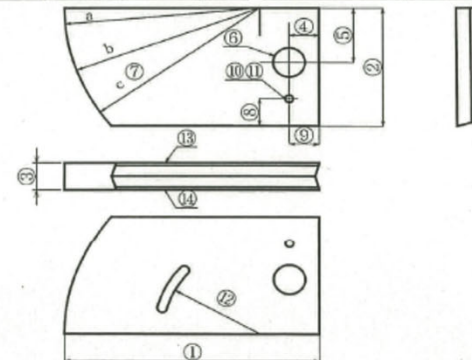
寸法測定結果報告書

1.適用規格	JIS Z 2345-4:2018					
2.試験片	記号	STB-A32	製造番号	0267	材質	SM490C
	新規	○	再測定	—		
3.測定年月日	2019年8月23日					
4.測定機関	株式会社昭和製作所					
5.外観検査	問題なし / 問題あり () →測定中止					
6.測定機器						

No.	機器	型式・仕様	製造者	製造番号
①	三次元測定機	Crysta-Plus M574	株式会社ミツヨ	0317606-30M
②	表面粗さ測定機	SJ-400	株式会社ミツヨ	33140

7.測定時室温 °C 21

8.測定結果							
測定項目	規格値	実測値	適否	測定項目	規格値	実測値	適否
① mm	130±0.1	130.01	○	⑧ mm	15±0.1	15.01	○
② mm	65±0.1	65.00	○	⑨ mm	15±0.1	15.00	○
③ mm	15±0.05	15.02	○	⑩ mm 直径	4±0.1	4.01	○
④ mm	15±0.1	14.99	○	⑪ mm 深さ	4±0.2	3.99	○
⑤ mm	30±0.1	30.01	○	⑫ mm 半径	50±0.2	5.02	○
⑥ mm 直径	16±0.1	16.00	○	⑬ μm Ra	≤3.2μm	4.84	○
⑦a mm 半径	100±0.1	100.03	○	表面粗さ※			
⑦b mm 半径	100±0.1	100.02	○	⑭ μm Ra	≤3.2μm	0.32	○
⑦c mm 半径	100±0.1	100.02	○	表面粗さ※			



※:1つの製造ロット(通常5~10体)につき1~2体の抜き取り検査のため、必ずしも当該試体での測定値ではありません。

9.備考	測定者	
10.管理用記号	STB-A32 017RA 0267S	

一般社団法人 日本非破壊検査協会

11. 鉄筋径の全数計測のフローと使用した計測器のトレーサビリティ(7/15)



標準試験片の品質証明書(3/5)

No. 0267

検査合格証明書

超音波探傷試験用A3形系標準試験片

種類

STB-A32

試験片番号 No. 0267




上記の試験片は JIS Z 2345-4:2018 に規定する超音波探傷試験用A3形系標準試験片として所定の検査に合格したことを証明する。

2020年 1月 14日

一般社団法人 日本...協会

総数3頁中の1頁

証明書番号 USJ-18-0347

JCSS 0186

校正証明書

依頼者名: [REDACTED]

住所: [REDACTED]

品名: 三次元測定機

型式: Crysta-Plus M674

コード番号: ---

数量: 1台

製造番号: 0317606-30M

製造者名: 株式会社ミットヨ

校正項目: 総数3頁中の2頁に示すとおり

校正方法: ミットヨ校正手順書による標準器との比較校正

校正に用いた標準器: 総数3頁中の2頁に示すとおり

校正時の標準器の温度: 温度 19.9℃ ~ 20.3℃

校正年月日: 2018年11月22日 ~ 2018年11月22日

校正実施場所: 株式会社昭和製作所
東京都大田区大森西2-17-8

校正結果は、次頁に示すとおりであることを証明します。

2018年11月30日

栃木県宇都宮市平松本町796-1

株式会社 ミットヨ テクノサー...部

[REDACTED]

この証明書は、計量法第144条(第一項)に基づくものであり、特定標準器(国家標準)にトレーサブルな標準器により校正した結果を示すものです。認定シンボルは、校正した結果の国家標準へのトレーサビリティの証拠です。発行機関の書面による承認なしにこの証明書の一部分のみを複製して用いることは禁じられています。

この証明書を発行した事業者は、JIS Q 17025(ISO/IEC 17025:2005)に適合しています。

この証明書は、ILAC(国際試験所認定協力機構)及びAPLAC(アジア太平洋試験所認定協力機構)のMRA(相互承認)に加盟しているIAJapanに認定された校正機関によって発行されています。この校正結果はILAC/APLACのMRAを通じて、国際的に受け入れ可能です。

MS-100001J(6)

株式会社ミットヨ

[REDACTED] は個人情報保護等の観点から公開できません

11. 鉄筋径の全数計測のフローと使用した計測器のトレーサビリティ(8/15)



標準試験片の品質証明書(4/5)

総数3頁中の2頁

証明書番号 USJ-18-0347

校正結果

校正項目	記号	校正値
座標測定機の指示誤差 (V)		総数3頁中の3頁参照
第1方向 (X軸) の指示誤差	V1	
第2方向 (Y軸) の指示誤差	V2	
第3方向 (Z軸) の指示誤差	V3	
第4方向 (空間) の指示誤差	V4	
第5方向 (空間) の指示誤差	V5	
第6方向 (空間) の指示誤差	V6	
第7方向 (空間) の指示誤差	V7	

使用プローブ名: TP2 製造No. 3A8520

使用した測定子: MS2-4R10 (先端ボール径: φ4mm、有効長さ: 10mm)

備考: 本測定機は、JIS B 7440-2:1997に準拠した検査方法に基づき測定しました。
明記したプローブと測定子を使った際の校正結果となります。

校正の不確かさ: 拡張不確かさ 信頼の水準約95% (k=2)
($0.7 + 0.4L/1000$) μm ※L: 長さ(mm)

※この不確かさの算出は、ISO/TS 23165により参照標準の不確かさと校正作業の不確かさを求め、それに被校正品の不確かさを合成して求めたものとなります。

校正に用いた標準器	品名	管理No.	型式	製造No.
	チェックマスタ	C0105017	HMC-750	300103

特記事項: なし

MS-T06002J (6)

株式会社ミットヨ

総数3頁中の3頁

証明書番号 USJ-18-0347

指示誤差 (V1~V7)
指示誤差の値は各軸とも指定長さ3回の平均値とする

V1	長さ (mm)	30	150	250	370	490
	指示誤差 (μm)	-0.2	-0.8	-1.0	-0.3	-0.1
V2	長さ (mm)	30	190	350	530	690
	指示誤差 (μm)	+0.5	+1.3	-0.2	-0.1	-1.2
V3	長さ (mm)	30	110	210	290	390
	指示誤差 (μm)	+0.4	+0.4	+1.7	+1.5	+2.1
V4	長さ (mm)	30	110	310	510	710
	指示誤差 (μm)	-0.1	-0.9	-0.6	-1.0	-0.1
V5	長さ (mm)	30	110	310	510	710
	指示誤差 (μm)	-0.6	-0.5	-1.5	-1.0	+0.7
V6	長さ (mm)	30	110	310	510	710
	指示誤差 (μm)	-0.5	-1.2	-0.5	-2.4	-1.0
V7	長さ (mm)	30	110	310	510	710
	指示誤差 (μm)	-0.5	-0.3	+0.6	-1.2	-2.3

校正方法の概要

以上

MS-T06003J (4)

株式会社ミットヨ

11. 鉄筋径の全数計測のフローと使用した計測器のトレーサビリティ(9/15)



標準試験片の品質証明書(5/5)

検査成績書

Page 1 of 9

No. TSQ-AA04600-1

発行No. 181122177

発行年月日 2018 - 11 - 22

品名 Crysta-Plus M574
 製造No. 0317606-30M /
 検査年月日 2018 - 11 - 21~22
 温度 19.7~20.3 °C



使用プローブ名 TP2
 製造No. 3A8520

使用標準器 チェックマスタ(770 mm)
 製造No. 300103
 使用標準器 基準球(φ15 mm)
 製造No. 15-88-060

1. 検査結果

(単位:um)

精度検査項目	記号	許容値	測定値	判定
Z = 400				
寸法測定における指示誤差 (V)				
1.1 1方向 (X軸) の指示誤差	V1	温度環境 19~21°C	別紙参照	合格
1.2 2方向 (Y軸) の指示誤差	V2	3.5 + 4.5L/1000 ≤		合格
1.3 3方向 (Z軸) の指示誤差	V3			合格
1.4 4方向 (空間) の指示誤差	V4			合格
1.5 5方向 (空間) の指示誤差	V5			合格
1.6 6方向 (空間) の指示誤差	V6	L: 測定された長さ(mm)		合格
1.7 7方向 (空間) の指示誤差	V7			合格
プロービング誤差 (S)	S	許容値		
2.1 TP2 (S/N 3A8520)	S1	4.0	1.8	合格
---	S2	---	---	---
---	S3	---	---	---
---	S4	---	---	---

2. 総合判定: 合格

注記 1. 本測定機はJISB7440-2(2003)に準じた、ミツトコ規格により検査致します。

注記 2. 許容値は、明記した使用プローブで標準測定子を使った時に保証致します。3. L: 測定された長さ(mm)

備考

株式会社ミツトコ テクノサービスセンター
 川崎サービスセン

11. 鉄筋径の全数計測のフローと使用した計測器のトレーサビリティ(10/15)



- 計測に用いたデジタルノギス(1台目)の校正証明書(1/6)

証明書番号 21V0499
総数2頁のうち1頁

校正証明書

依頼者 名称 [REDACTED]
住所 [REDACTED]

品名 ノギス
測定範囲 100 mm
器物番号 100H1820086025
製造者名 シンワ測定株式会社
校正項目 指示誤差
校正方法 当社「ノギス校正手順書」による
校正に使用した標準器 キャリパチェッカ (No.330128)
校正実施場所 シンワ測定株式会社 蕪工場 校正室
新潟県燕市小池3485番地
環境条件 温度 22℃±2℃

校正年月日 2021年2月15日

校正結果は、次頁に示すとおりであることを証明します。

2021年2月16日
新川県燕市小池 [REDACTED] 地
シンワ測定株式会社 校正室 印

・この証明書は、計量法第144条第1項に基づくものであり、特定標準器(国家標準)にトレーサブルな標準器により校正した結果を示すものです。認定シンボルは、校正した結果の国家標準へのトレーサビリティの証拠です。発行機関の審面による承認なしにこの証明書の一部分のみを複製して用いることは禁じられています。
 ・当社はISO/IEC17025:2017(JIS Q 17025:2018)に適合しています。
 ・この証明書は、ILAC(国際試験所認定協力機構)及びAPAC(アジア太平洋認定協力機構)のMRA(相互承認)に加しているIAJapanに認定された校正機関によって発行されています。この校正結果はILAC/APACのMRAを通じて、国際的に受け入れ可能です。

証明書番号 21V0499
総数2頁のうち2頁

校正証明書

1. 校正結果

測定範囲	目量又は 最小表示量	各測定長の 指示誤差 (mm)			備考
		20mm	50mm	100mm	
0~100 mm	0.01 mm				デジタル式
外側 測定		-0.01	-0.02	-0.01	
内側 測定		-0.02	-0.02	-0.01	

2. 校正の不確かさ

拡張不確かさ (k=2) 0.03 mm

校正の不確かさは包含係数 k=2とした拡張不確かさであり、約95%の信頼の水準をもつと推定される区間を与える。

備考：①指示誤差は、測定器が示す値から標準器が示す値を引いた値である。

以上

[REDACTED] は個人情報保護等の観点から公開できません

11. 鉄筋径の全数計測のフローと使用した計測器のトレーサビリティ(11/15)



- 計測に用いたデジタルノギス(2台目)の校正証明書(2/6)

証明書番号 21V0500
総数2頁のうち1頁

JCSS
JCSS 0092

校正証明書

依頼者 名称 [REDACTED]
住所 [REDACTED]

品名 ノギス
測定範囲 100 mm
器物番号 100H1820086225
製造者名 シンワ測定株式会社
校正項目 指示誤差
校正方法 当社「ノギス校正手順書」による
校正に使用した標準器 キャリパチェッカ (No.330128)
校正実施場所 シンワ測定株式会社 燕工場 校正室
新潟県燕市小池3485番地
環境条件 温度 22℃±2℃

校正年月日 2021年2月15日

校正結果は、次頁に示すとおりであることを証明します。

2021年2月16日
新潟県燕市小池 [REDACTED]
シンワ測定株式会社 [REDACTED]

・この証明書は、計量法第144条第1項に基づくものであり、特定標準器(国家標準)にトレーサブルな標準器により校正した結果を示すものです。認定シンボルは、校正した結果の国家標準へのトレーサビリティの証拠です。発行機関の書面による承認なしにこの証明書の一部分のみを複製して用いることは禁じられています。
・当社はISO/IEC17025:2017(JIS Q 17025:2018)に適合しています。
・この証明書は、ILAC(国際試験所認定協力機構)及びAPAC(アジア太平洋認定協力機構)のMRA(相互承認)に加盟しているIAJapanに認定された校正機関によって発行されています。
この校正結果はILAC/APACのMRAを通じて、国際的に受け入れ可能です。

証明書番号 21V0500
総数2頁のうち2頁

JCSS
JCSS 0092

校正証明書

1. 校正結果

測定範囲	目量又は 最小表示量	各測定長の 指示誤差 (mm)			備考	
		20mm	50mm	100mm		
0~100 mm	0.01 mm					
		外側 測定	+0.01	-0.01	0.00	デジタル式
		内側 測定	-0.02	-0.02	-0.01	

2. 校正の不確かさ

拡張不確かさ ($k=2$) 0.03 mm

校正の不確かさは包含係数 $k=2$ とした拡張不確かさであり、約95%の信頼の水準をもつと推定される区間を与える。

備考：①指示誤差は、測定器が示す値から標準器が示す値を引いた値である。

以上

■ は個人情報保護等の観点から公開できません

11. 鉄筋径の全数計測のフローと使用した計測器のトレーサビリティ(12/15)



- 計測に用いたデジタルノギス(3台目)の校正証明書(3/6)

証明書番号 21V0501
総数2頁のうち1頁

JCSS
JCSS 0092

校正証明書

依頼者 名称 [Redacted]
住所 [Redacted]

品名 ノギス
測定範囲 100 mm
器物番号 100H2120085991
製造者名 シンワ測定株式会社
校正項目 指示誤差
校正方法 当社「ノギス校正手順書」による
校正に使用した標準器 キャリパチェッカ (No.330128)
校正実施場所 シンワ測定株式会社 燕工場 校正室
新潟県燕市小池3485番地

環境条件 温度 22℃±2℃

校正年月日 2021年2月15日

校正結果は、次頁に示すとおりであることを証明します。

2021年2月16日
新潟県燕市小池3485番地
シンワ測定株式会社 品質部
[Redacted]

・この証明書は、計量法第144条第1項に基づいたものであり、特定標準器(国家標準)にトレーサブルな標準器により校正した結果を示すものです。認定シンボルは、校正した結果の国家標準へのトレーサビリティの証憑です。発行機関の書面による承認なしにこの証明書の一部分のみを複製して用いることは禁じられています。
・当社はISO/IEC17025:2017(JIS Q 17025:2018)に適合しています。
・この証明書は、ILAC(国際試験所認定協力機構)及びAPAC(アジア太平洋認定協力機構)のMRA(相互承認)に加盟しているIAJapanに認定された校正機関によって発行されています。この校正結果はILAC/APACのMRAを通じて、国際的に受け入れ可能です。

証明書番号 21V0501
総数2頁のうち2頁

JCSS
JCSS 0092

校正証明書

1. 校正結果

測定範囲	目量又は 最小表示量	各測定長の 指示誤差 (mm)			備考
		20mm	50mm	100mm	
0~100 mm	0.01 mm				
外側 測定		0.00	-0.02	-0.01	デジタル式
内側 測定		-0.02	-0.01	-0.01	

2. 校正の不確かさ

拡張不確かさ (k=2) 0.03 mm

校正の不確かさは包含係数k=2とした拡張不確かさであり、約95%の信頼の水準をもつと推定される区間を与える。

備考: ①指示誤差は、測定器が示す値から標準器が示す値を引いた値である。

以上

[Redacted] は個人情報保護等の観点から公開できません

11. 鉄筋径の全数計測のフローと使用した計測器のトレーサビリティ(13/15)



- 計測に用いたデジタルノギス(4台目)の校正証明書(4/6)

証明書番号 21V0502
総数2頁のうち1頁

ILAC-MRA IA Japan JCSS Accredited Calibration JCSS 0092

校正証明書

依頼者 名称 [REDACTED]
住所 [REDACTED]
品名 ノギス
測定範囲 100 mm
器物番号 100H2120085995
製造者名 シンワ測定株式会社
校正項目 指示誤差
校正方法 当社「ノギス校正手順書」による
校正に使用した標準器 キャリパチェッカ (No.330128)
校正実施場所 シンワ測定株式会社 燕工場 校正室
新潟県燕市小池3485番地
環境条件 温度 22℃±2℃
校正年月日 2021年2月15日

校正結果は、次頁に示すとおりであることを証明します。

2021年2月16日
[REDACTED]
新潟県燕市小池 [REDACTED]
シンワ測定 [REDACTED]

この証明書は、計量法第144条第1項に基づいたものであり、特定標準器(国家標準)にトレーサブルな標準器により校正した結果を示すものです。認定シンボルは、校正した結果の国家標準へのトレーサビリティの証拠です。発行機関の書面による承認なしにこの証明書の一部分のみを複製して用いることは禁じられています。
 ・当社はISO/IEC17025:2017(JIS Q 17025:2018)に適合しています。
 ・この証明書は、ILAC(国際試験所認定協力機構)及びAPAC(アジア太平洋認定協力機構)のMRA(相互承認)に加置しているIAJapanに認定された校正機関によって発行されています。
 この校正結果はILAC/APACのMRAを通じて、国際的に受け入れ可能です。

証明書番号 21V0502
総数2頁のうち2頁

ILAC-MRA IA Japan JCSS Accredited Calibration JCSS 0092

校正証明書

1. 校正結果

測定範囲	目量又は 最小表示量	各測定長の 指示誤差 (mm)			備考
		20mm	50mm	100mm	
0~100 mm	0.01 mm				デジタル式
外側 測定		-0.01	-0.01	-0.01	
内側 測定		-0.02	-0.01	0.00	

2. 校正の不確かさ

拡張不確かさ (k=2) 0.03 mm

校正の不確かさは包含係数 k=2とした拡張不確かさであり、約95%の信頼の水準をもつと推定される区間を与える。

備考：①指示誤差は、測定器が示す値から標準器が示す値を引いた値である。

以上

[REDACTED] は個人情報保護等の観点から公開できません

11. 鉄筋径の全数計測のフローと使用した計測器のトレーサビリティ(14/15)



- 計測に用いたデジタルノギス(5台目)の校正証明書(5/6)

証明書番号 21V0503
総数2頁のうち1頁

JCSS
JCSS 0092

校正証明書

依頼者 名称 [REDACTED]
住所 [REDACTED]

品名 ノギス
測定範囲 100 mm
器物番号 100H2120086005
製造者名 シンワ測定株式会社
校正項目 指示誤差
校正方法 当社「ノギス校正手順書」による
校正に使用した標準器 キャリパチェッカ (No.330128)
校正実施場所 シンワ測定株式会社 燕工場 校正室
新潟県燕市小池3485番地
環境条件 温度 22℃±2℃

校正年月日 2021年2月15日

校正結果は、次頁に示すとおりであることを証明します。

2021年2月16日
[REDACTED]
[REDACTED]
シンワ測定株式会社 品質部

この証明書は、計量法第144条第1項に基づき、特定標準器(国家標準)にトレーサブルな標準器により校正した結果を示すものです。認定シンボルは、校正した結果の国家標準へのトレーサビリティの証拠です。発行機関の書面による承認なしにこの証明書の一部分のみを複製して用いることは禁じられています。
・当社はISO/IEC17025:2017(JIS Q 17025:2018)に適合しています。
・この証明書は、ILAC(国際試験所認定協力機構)及びAPAC(アジア太平洋認定協力機構)のMRA(相互承認)に加盟しているIAJapanに認定された校正機関によって発行されています。
この校正結果はILAC/APACのMRAを通じて、国際的に受け入れ可能です。

証明書番号 21V0503
総数2頁のうち2頁

JCSS
JCSS 0092

校正証明書

1. 校正結果

測定範囲	目量又は 最小表示量	各測定長の 指示誤差 (mm)			備考
		20mm	50mm	100mm	
0~100 mm	0.01 mm				
外側 測定		-0.01	-0.02	0.00	デジタル式
内側 測定		-0.03	-0.02	-0.02	

2. 校正の不確かさ

拡張不確かさ (k=2) 0.03 mm

校正の不確かさは包含係数k=2とした拡張不確かさであり、約95%の信頼の水準をもつと推定される区間を与える。

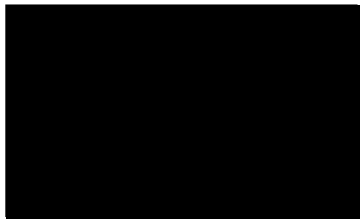
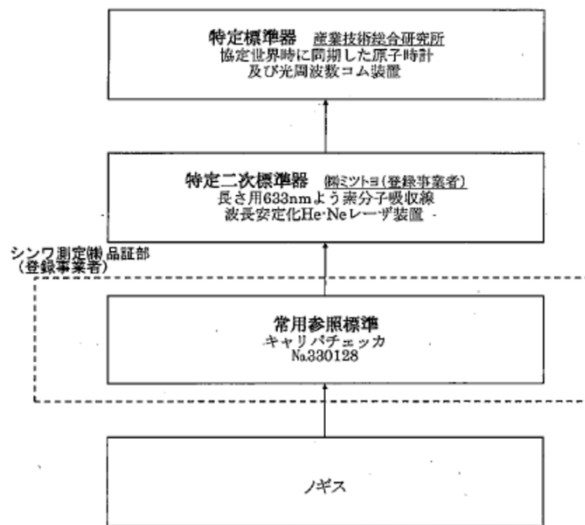
備考：①指示誤差は、測定器が示す値から標準器が示す値を引いた値である。

以上

■は個人情報保護等の観点から公開できません


- 計測に用いたデジタルノギスの校正証明書(6/6)

ノギスのトレーサビリティ体系図



2021年2月16日

STS-V01

シンワ測定  品証部

12. 鉄筋の健全性評価結果の総括

■D32以下の鉄筋について

- 抜取引張試験(その1)の結果、JIS規格値の「伸び」を満足しなかったことから、D32以下の鉄筋について取替工事を実施する。

■D35,D38鉄筋について

- 抜取引張試験(その2)において、施工エリアによる違いの有無を確認した結果、エリアによる鉄筋の性能の違いは見られなかった。
- D35,D38鉄筋全数の健全性を確認するため、健全性確認フローを策定した。
- 鉄筋径の計測の結果、「公称径の下限值」を下回る鉄筋はなかった。
- 「細い径の鉄筋」や「根元部減少率が大きい鉄筋」に着目した引張試験により、JIS規格値の「伸び」を満足しない鉄筋を見つけることができ、「鉄筋径」と「根元部減少率」の閾値を特定した。
- 測定値の不確かさを考慮した評価(計測器の精度を考慮)を行い、先の閾値より厳しめの閾値を設定し、閾値を下回るD35の5本の鉄筋は念のため取替工事を実施する。
- 測定値の不確かさを考慮した閾値以上のD35,D38鉄筋は、全数健全と評価した。

■鉄筋の取替工事について

- 鉄筋の取替対象となる腐食部分を健全な鉄筋に置き換え、機械式継手により接続する方法で取替工事を実施する。

13. 添付資料 (1/2)

■鉄筋の引張と伸びの原理について

- 部分的な断面減少の無い鉄筋の場合、最大荷重点まで一様に伸びた後くびれが生じ、伸びがくびれ部に集中した後に破断する。*
- 一方、腐食により最初から部分的な断面減少(くびれ)がある場合、本来最大荷重点まで一様に伸びる過程に至る前に、くびれ部が伸びて破断する。くびれが生じるまでの一様伸びが減ることから、腐食の無い鉄筋と比べ伸びが低下すると考えられる。

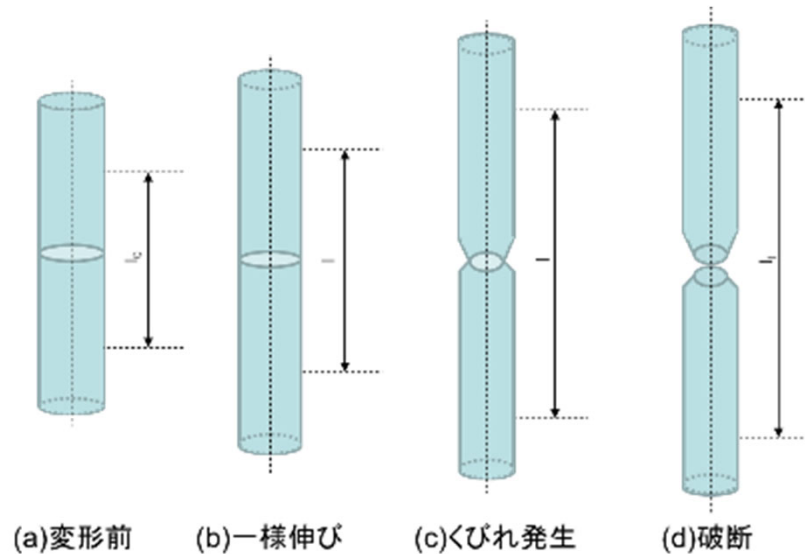


図13-1 引張試験時の変形概要図
(部分的な断面減少の無い鉄筋)

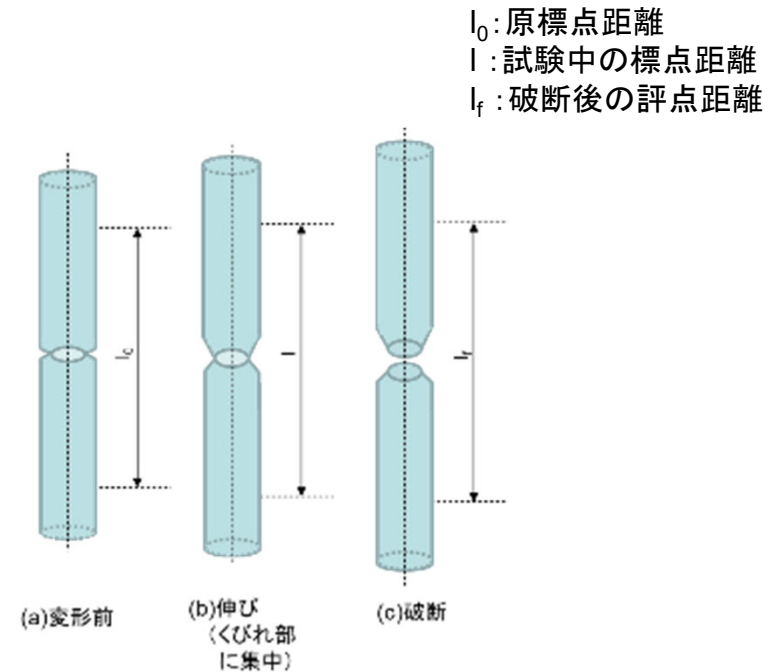
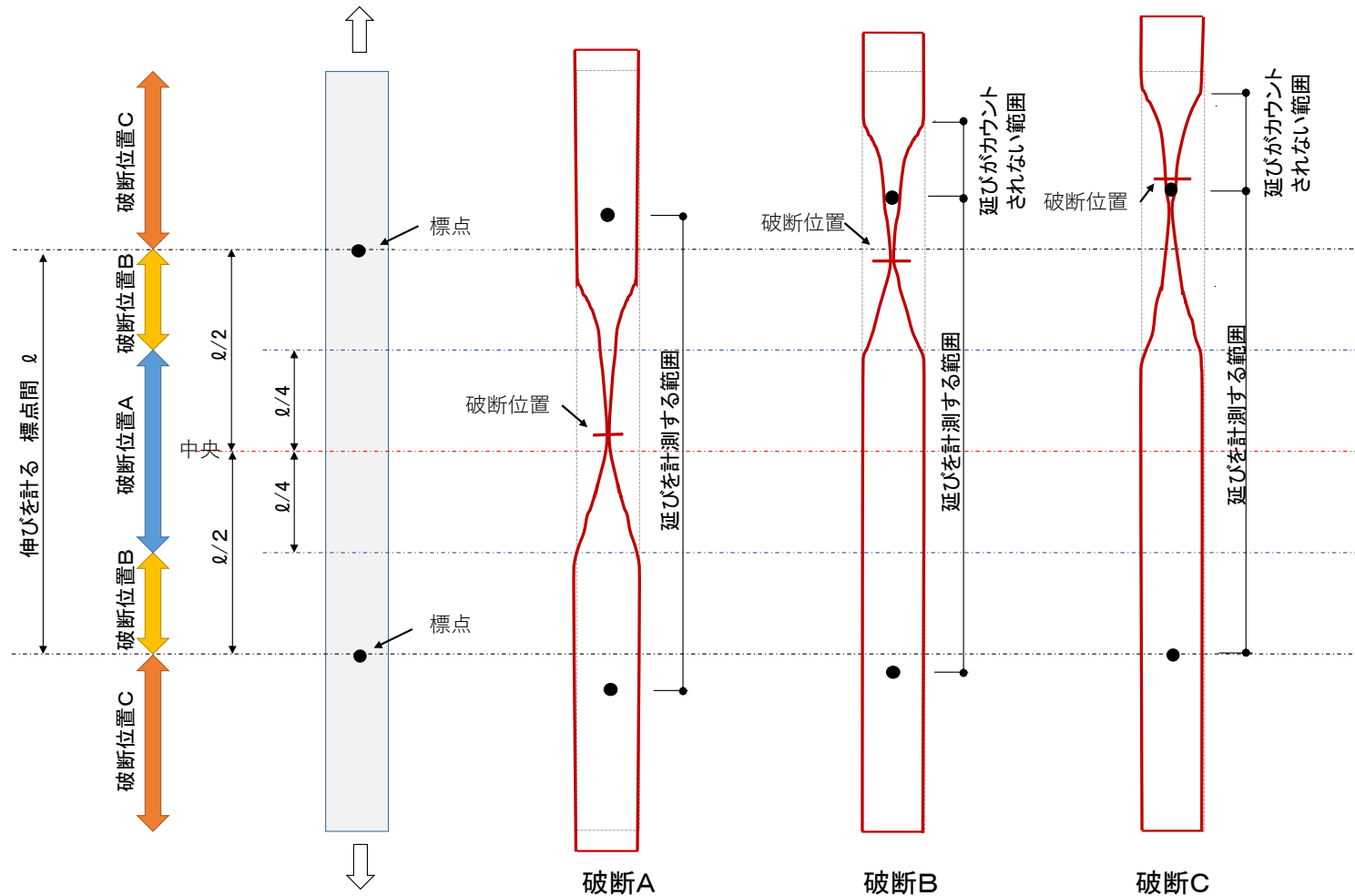


図13-2 引張試験時の変形概要図
(部分的に断面が減少している鉄筋)

* 中島尚正 他 編: 機械工学ハンドブック, 朝倉書店, 2011

13. 添付資料 (2/2)

■ 破断箇所の違いによる伸びの計測イメージ



- 上記の破断位置Aの範囲内で破断した場合、試験結果は有効である。
 - 破断位置BまたはCの位置で破断した場合、試験結果は無効である。
- しかし、伸び(%)が規定値以上の場合には、破断位置に関係なく試験結果は有効である。
(JIS Z 2241 「金属材料引張試験方法」)